

MASARYKOVA UNIVERZITA
LÉKAŘSKÁ FAKULTA



**Současné možnosti měření zorného pole, princip
přístrojů**
Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Mgr. Lucie Patočková

Autor: Martina Černá
Studijní obor: Optika a optometrie

Brno, duben 2019

MASARYKOVA UNIVERZITA

Lékařská fakulta

Katedra optiky a optometrie

Jméno a příjmení autora: Martina Černá

Téma práce: Současné možnosti měření zorného pole, princip přístrojů

Vedoucí práce: Mgr. Lucie Patočková

Rok obhajoby: 2019

Anotace

Tato závěrečná práce pojednává o možnostech měření zorného pole pomocí přístrojů. Nejprve popisují anatomii zrakového aparátu, konkrétně zrakové dráhy. Poté jsou vysvětleny pojmy jako je perimetrie a ovlivnění výsledků měření. Popisují indikace a kontraindikace k vyšetření a také jsem krátce vypsala poruchy zorného pole. Po shrnutí vývoje perimetrie jsem popsala různé metody, na kterých pracují přístroje popisované v poslední kapitole. Mezi popsané metody patří například konfrontační zkouška, statická a kinetická perimetrie, modro-žlutá perimetrie, Swedish Interactive Threshold Algorithmus, pupilární kampimetrie, Amslerova mřížka a další. Do poslední kapitoly jsem zařadila perimetry Humphrey Field Analyzer II, Heidelberg Edge Perimetr, Octopus 900 a Goldmannův perimetr.

Klíčová slova

Zraková dráha, Zorné pole, Skotom, Perimetrie, Kinetická perimetrie, Modro-žlutá perimetrie, Pupilární kampimetrie, Humphrey Field Analyzer II, Octopus 900, Heidelberg Edge Perimetr,

The author's name: Martina Černá

Theme of the work: Current possibilities for visual field examination, the device principles

Leader of the work: Mgr. Lucie Patočková

Year thesis defence: 2019

Annotation

This bachelor thesis is about possibilities of measuring visual field with devices. Firstly there is written about the anatomy of the human eye, especially about visual pathway. Then are explained terms like perimetry and about influencing the perimetry results. In the following chapter are described indications and contraindication for undergoing the measuring along with a short description of visual field disorders. After a summary of the evolution of perimetry in the thesis are mentioned different methods which the devices uses for examination. For example Confrontational test, static and kinetic perimetry, Short-wavelength Automated Perimetry, Swedish Interactive Treshold Algorithmus, Pupillary campimetry, Amsler grid and others. The last part of the tesis contains perimeters like Humphrey Field Analyzer II, Heidelberg Edge Perimeter, Octopus 900 perimeter and Goldmann Perimeter.

Key words

Visual pathway, Visual field, Scotoma, Perimetry, Kinetic perimetry, Short-wavelength Automated Perimetry, Pupillary campimetry, Humphrey Field Analyzer II, Octopus 900, Heidelberg Edge Perimetr.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Současné možnosti měření zorného pole, princip přístrojů vypracovala samostatně a všechny použité zdroje jsem uvedla v seznamu literatury.

Souhlasím, aby moje práce byla uložena v knihovně Lékařské fakulty Masarykovy univerzity a mohla tak posloužit k dalším studijním účelům.

V Brně dne

.....

podpis autora práce

Poděkování

Tímto chci poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Mgr. Lucii Patočkové za ochotu, cenné rady a připomínky, které mi poskytla při vzniku této bakalářské práce. Dále chci poděkovat Ing. Pavlu Fraňkovi za poskytnuté materiály.

Obsah

1	Zorné pole.....	11
1.1	Zraková dráha.....	11
1.1.1	Sítnice	12
1.1.2	Papila n. optici	13
1.1.3	Oční nerv.....	14
1.1.4	Chiasma opticum	14
1.1.5	Optické trakty	14
1.1.6	Corpus geniculatum laterale	14
1.1.7	Gratioletův svazeček.....	14
1.1.8	Korová zrakové centra	15
1.2	Parametry zorného pole.....	15
1.3	Perimetrie	16
1.3.1	Indikace.....	17
1.3.2	Ovlivnění výsledků	17
1.4	Poruchy zorného pole.....	18
2	Vývoj přístrojů pro měření zorného pole.....	21
3	Současné metody měření zorného pole.....	23
3.1	Konfrontační zkouška	23
3.2	Kinetická perimetrie.....	24
3.3	Semiautomatická kinetická perimetrie	25
3.4	Statická perimetrie	25
3.5	Modrožlutá perimetrie (SWAP).....	25
3.6	Frequency doubling technology perimetry (FDT).....	26
3.7	High – pass resolution perimetry (HPRP).....	27
3.8	Motion automated perimetry (MAP)	28
3.9	Swedish interactive threshold algorithm (SITA)	29

3.10	Pupilární kampimetrie	29
3.11	Amslerova mřížka	30
4	Princip vybraných přístrojů	32
4.1	Důležité pojmy	32
4.2	HFA II - Perimetr Humphrey Field Analyzer II	33
4.3	Octopus 900	38
4.4	HEP - Heidelberg edge perimetr	41
4.5	Goldmannův perimetr	43
5	Seznam zkratk.....	46
6	Seznam obrázků.....	47
7	Bibliografie.....	49

ÚVOD

Oko je nejnáročnějším lidským smyslem, a i přesto, nebo právě proto, je dennodenně zatěžován, mnohdy i přetěžován.

Stav zrakového aparátu člověka velmi ovlivňuje životospráva, povolání, životní prostředí a velký vliv mají i genetické predispozice.

I přes snahu každého jednotlivého člověka se zrak s narůstajícím věkem horší, vidění není tak komfortní jako bývalo v mládí. Nároky na vidění vzrůstají s nastupující érou počítačových technologií a ani vývoj nových lékařských přístrojů nedokáže zrak zcela vyléčit. A v tu chvíli přichází na řadu velké množství screeningových a diagnostických přístrojů, které dokáží odhalit probíhající patologie v oku, zrakové dráze či mozkových centrech, které mnohdy není možné pouhým pohledem očního lékaře odhalit.

Jedním z těchto přístrojů je perimetr. Tento diagnostický přístroj se používá pro určení hranic zorného pole, ke zjištění, zda jsou v zorném poli výpadky, které si pacient mnohdy neuvědomuje, popřípadě pro sledování progresu onemocnění. Dále i pro pouhé zjištění hranic zorného pole například u profesionálních řidičů a zda jim může být vydán řidičský průkaz či ne.

Onemocnění zrakové dráhy se projevují výpadky v různých částech zorného pole. Nejdříve nenápadně, a pokud jsou zanedbávány preventivní prohlídky u očních lékařů, tak se mnohdy na takováto onemocnění přijde příliš pozdě a často ve chvíli, kdy se již nedají proběhlé změny vrátit. Jediné, co zbývá, je se pokusit zpomalit postup onemocnění a snažit se pacientovi v rámci možností zlepšit vidění co nejvíce je možné, i když to mnohdy není výrazná změna. Často se také stává, že se vyšetření musí z časové, fyzické ale i psychické náročnosti na klienty opakovat. O to více platí, že je důležité nepodceňovat důležitost očních vyšetření, protože čím dříve se s daným onemocněním začne pacient léčit, tím větší šance je, že se povede minimalizovat následky onemocnění, nebo jeho postup alespoň zpomalit.

Za všech okolností platí, že komunikace je základ, a při vyšetřeních to platí dvojnásob. Výsledky měření mohou být nespolehlivé a zkreslené v případě, že vyšetřovaný neví, co má dělat, neví, co má sledovat, poslouchat nebo kdy si může během vyšetření poposednout. Jako důsledek se v lepším případě vyšetření, byť náročné jak pro vyšetřujícího, tak pro vyšetřovaného, musí opakovat. V tom horším případě mohou chybné výsledky vést k volbě nesprávného typu léčby.

V této práci bych chtěla vytvořit přehled v současnosti používaných perimetrů spolu s vysvětlením principů metod, které se v těchto přístrojích používají. Dále jsou v práci uvedeny a vysvětleny pojmy jako zorné pole a zraková dráha. Popisují různé strategie vyšetření, dále kontraindikace a indikace k vyšetření, průběh a informace, které by se měl pacient dozvědět před začátkem vyšetření.

1 Zorné pole

Zorné pole je část prostoru viditelná při fixaci pohledu jedním okem přímo vpřed, kdy se oko ani hlava nepohybují. Ve stupni „0“ leží střed zorného pole v tzv. fixačním bodě. Zorné pole se dělí na meridiány procházející fixačním bodem. [11]

V blízkosti středu zorného pole (12-18° temporálně) se nachází Mariottův bod neboli slepá skvrna. Slepá skvrna je místo výstupu zrakového nervu z oka (papila n. optici), ve které nejsou přítomny světločivné elementy. [7]

Zorné pole se skládá z periferní a centrální části. Periferní část je zajišťována prostřednictvím tyčinek, jejichž počet se směrem od centra ZP k periférii zmenšuje. I přes jejich ubývající počet jsou tyčinky vysoce citlivé k vnímání pohybu, proto je periferní vidění pouze černobílé. Je také velmi důležité pro orientaci v prostoru a za snížených světelných podmínek. Pomocí periferie zorného pole dochází k udržování kontaktu s okolím, detekci pohybu předmětů v širokém i blízkém okolí, tj. otočení hlavy za pohybujícím se předmětem. [11, 6]

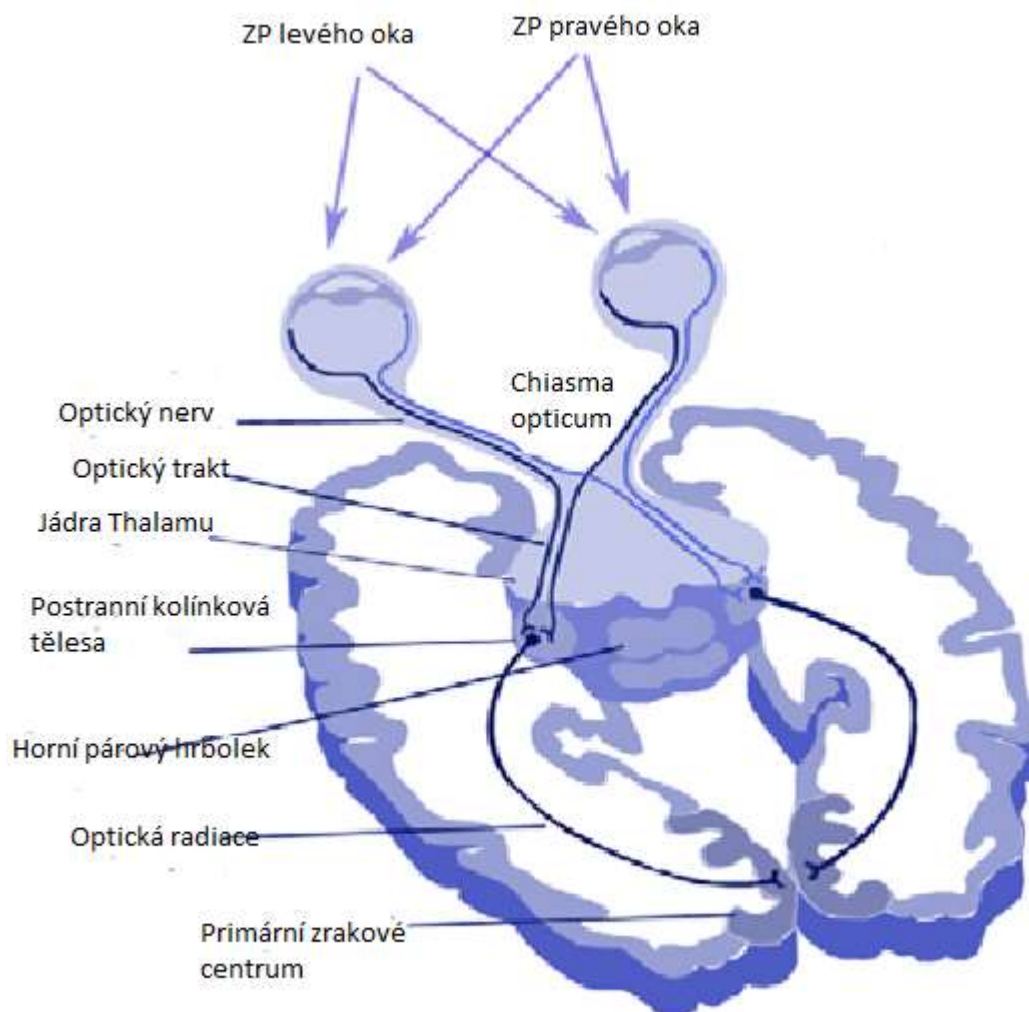
Centrální ZP je tvořeno čípkami, což způsobuje, že se při pohybu předmětu v ZP směrem k centru nejdříve rozpoznává modrá, poté žlutá barva, o něco blíže středu červená a zelená barva. Díky vysoké centrální ostrosti ve fovea centralis jsou objekty, které jsou rozpoznávány centrální částí zorného pole vnímány lépe.

Je důležité si uvědomit, že obrazy v zorném poli se zobrazují obráceně. Předměty z nasální části se zobrazují temporálně na sítnici, z dolní části sítnice na horní.

1.1 Zraková dráha

Zraková dráha začíná u smyslových buněk sítnice – tyčinek a čípků, dále je tvořena papilou, očním nervem, chiasma opticum, optickými trakty, laterálním geniculatem, Gratioletovým svazkem a končí v korových zrakových centrech v mozkové kůře.

Bývá definovaná jako tříneuronová nebo čtyřneuronová. Tříneuronovou dráhu tvoří bipolární buňky sítnice, gangliové buňky a buňky corpus geniculatum laterale. Prvními receptory čtyřneuronové dráhy jsou fotoreceptory. Jiné prameny uvádí jako první neuron smyslové buňky, druhý bipolární buňky a třetí neuron jako gangliové buňky. [5, 6, 9, 11]



Obrázek 1: Zraková dráha (Zdroj:https://www.researchgate.net/figure/The-main-visual-pathway-The-optic-nerve-is-composed-by-the-axons-of-the-ganglion-cells_fig4_230875327)-upraveno

1.1.1 Sítnice

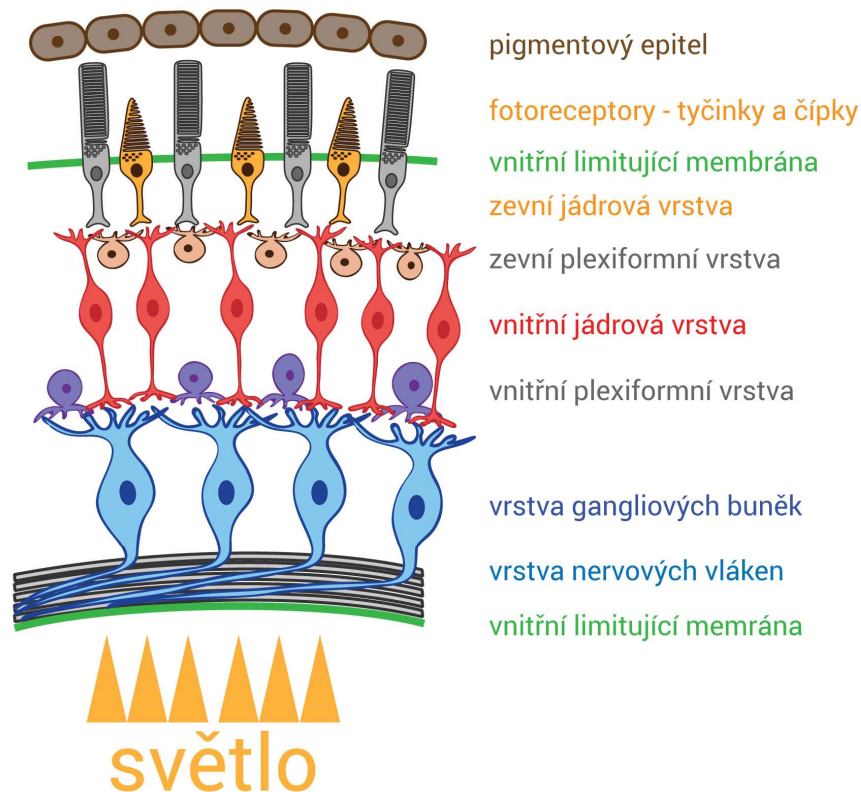
Sítnice je tvořena z tenké vícevrstevnaté tkáně obsahující jak receptory, tak neurony. Retina dále obsahuje astrocyty, které se účastní sodno-draselného iontového transportu. [12]

Sítnice se skládá z optické a ze slepé části. Optickou část můžeme najít od ora serrata až k papile zrakového nervu. Pars coeca retinae neobsahuje smyslové ani nervové elementy. Makroskopicky je sítnice jemná transparentní růžová blána. Je volně přiložena pouze k cévnatce a pevně fixovaná k ora serrata a papile n. opticus. [5]

Její úkolem je přijímat světelné paprsky a chemickými procesy je měnit v elektrické impulsy. Tuto funkci zastávají fotoreceptory. Bipolární a gangliové buňky tyto vzruchy vedou dále do mozku. [5, 16]

Sítnice se skládá z 10 vrstev. Jako první je pigmentový epitel, na který navazuje vrstva zevních výběžků fotoreceptorů. Vnější hraniční membrána odděluje vnější vrstvu jader

světločivých elementů. Vnější plexiformní vrstva vláken spojuje receptory a bipolární buňky. Vnitřní jádrová vrstva obsahuje kromě jader bipolárních buněk, také jádra horizontálních, Müllerových a amakrinních buněk. Vnitřní vrstvu vláken tvoří výběžky bipolárních buněk a dendrity gangliových buněk. Gangliová vrstva je tvořena těly gangliových buněk. Těla těchto buněk tvoří vrstvu zrakových nervových vláken směřujících k papile. Úkolem vnitřní hraniční membrány je oddělit sklivec a sítnici. [5]



Obrázek 2: Vrstvy sítnice (Zdroj: <http://www.cnsonline.cz/?p=295>)

1.1.2 Papila n. optici

Papila nervi optici neboli discus nervi optici je místo, kde vstupují nervová vlákna do n. opticus ze sítnice. Na tomto místě není možné krom vnitřní hraniční membrány najít žádné vrstvy sítnice. Terč zrakového nervu leží 5 mm nasálním směrem od místa nejostřejšího vidění. Jelikož se papila směrem do svého středu prohlubuje, vzniká fyziologická exkavace papily a v tomto místě z ní vystupují arteria a vena centralis retinae, které mají sítnici vyživovat. [5, 11]

1.1.3 Oční nerv

Zrakový nerv je tvořen sbíhajícími se vlákny gangliových buněk, které pronikají stěnou bulbu. Obal nervových vláken je tvořen třemi mozkovými plenami. Nejvnitřněji položená je pia mater nasedající na zrakový nerv. Arachnoidea odděluje tvrdou plenu mozkovou od měkké. Obsahuje 1,2 milionů axonů, které jsou pokračováním vrstvy nervových vláken sítnice. Tvoří jej tři úseky – intrasklerální, intraorbitální a intrakanalikulární. [8, 9]

1.1.4 Chiasma opticum

Chiasma opticum je spojnice vláken očních nervů z obou očí a je místem, kde se dráhy zrakových nervů částečně kříží. Chiasma opticum je uložena nad tureckým sedlem kosti klínové. Nad ním se nachází třetí mozková komora a vedle něj venózní sinus (prochází jí arteria carotis interna, dvě větve n. trigeminus, sympatická vlákna a tři okohybné nervy). V chiasma opticum probíhá křížení vláken, kdy se vlákna z temporálních stran sítnice nekříží a nervová vlákna z nasáních stran probíhají zkříženě. [5, 9]

1.1.5 Optické trakty

Optické trakty se nacházejí mezi zadní plochou chiasmatu a corpus geniculatum laterale. Setkávají se tam nezkřížená vlákna ze stejnostranného oka a zkřížená vlákna z oka druhého. [5]

1.1.6 Corpus geniculatum laterale

V corpus geniculatum laterale končí primární zrková dráha, a tedy i neurity gangliových buněk ze sítnice. Postranní kolínková tělesa přepojují druhý neuron na třetí. Jsou také primárními zrkovými centry. Vystupují z něj vlákna jdoucí do Gratioletova svazečku. Buněčná vlákna jádra jsou uložena v šesti vrstvách a značí se čísly od jedné do šesti. Aferentní nervová vlákna jsou spojena s třemi vrstvami – nezkřížená s vrstvami dvě, tři a pět a zkřížená s vrstvami šest, čtyři a jedna. [5, 9]

1.1.7 Gratioletův svazeček

Zrková radiace neboli tractus geniculo-corticalis, je široký vějířovitý svazek tvořený bílou mozkovou hmotou. Je to poslední neuron zrkové dráhy. Část vláken, které z něj vybíhají obkružují postranní mozkovou komoru. Zbývající vlákna směřují kolem rohu postranní mozkové komory do oblasti fissura calcarina do korových mozkových center. [5]

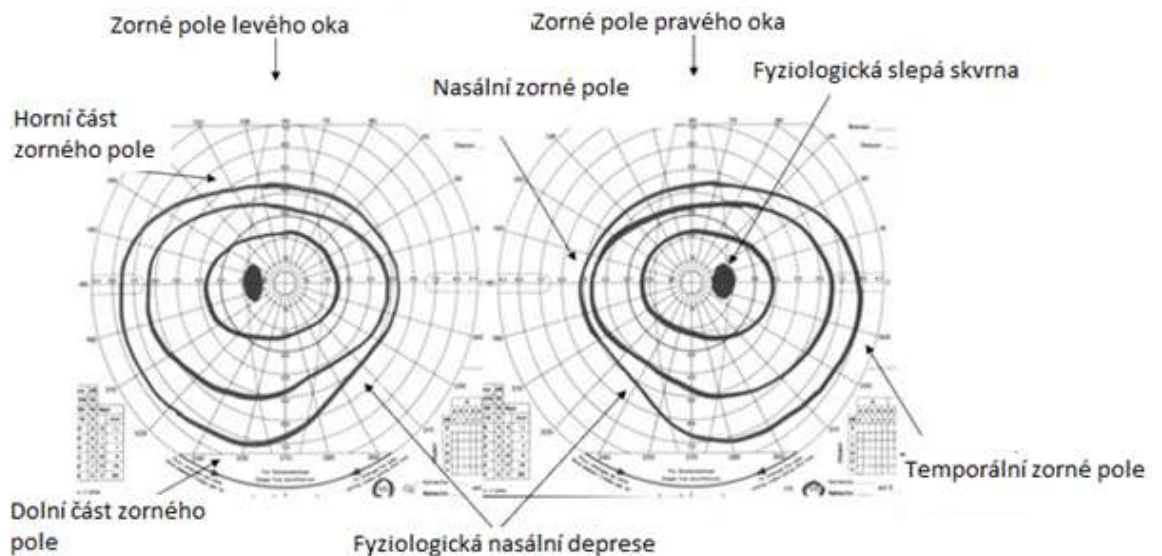
1.1.8 Korová zrakové centra

Zraková centra se nachází v mozkové kůře okcipitálního laloku a jsou to area striata, area parastriata a area peristriata. V area striata (17; V1) končí vlákna zrakové dráhy a začíná zde zpracování zrakového vjemu (barvy, pohybu a tvaru) a příprava informací pro detailní analýzu v různých částech mozku. Area parastriata a peristriata zpracovávají a vyhodnocují přijaté impulsy a následně vydávají impulsy k motorické složce oka. [5]

1.2 Parametry zorného pole

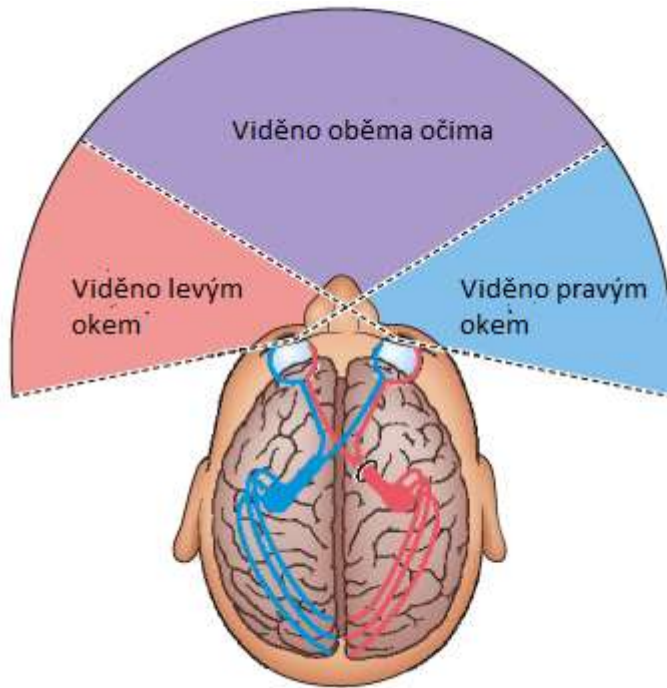
Rozsah zorného pole je fyziologicky ovlivněn velikostí a tvarem nosu, nadočnicových oblouků a polohou bulbu. Temporálně dosahuje 80-90° od bodu fixace. Nahoru 60°, dolů 70° a nasálně dle velikosti nosu 50-60°. Centrální zorné pole má rozsah 30°.

Velikost zorného pole ovšem není ovlivněna pouze fyziologickou anatomií obličeje. Na jeho rozměrech se mohou podílet také patologie víčka jako jsou ptózy, chalazion, hordeolum a mnoho dalších. Další z možností, které mohou ovlivnit rozsah ZP je obroučka brýlí, velká rychlost jízdy (při které vzniká tunelové vidění) a případně léky. [7, 25]



Obrázek 3: Zorné pole pravého a levého oka (Zdroj: <https://entokey.com/visual-fields-2/>)-upraveno)

Při binokulárním vidění vidíme stereoskopicky horizontálně v rozsahu 120°. V rozmezí od 60° do 90° temporálně je vidění monokulární. V oblastech vedle prostoru binokulárního vidění jsou tzv. „temporální srpky“, což je oblast viděná pouze monokulárně. [3]



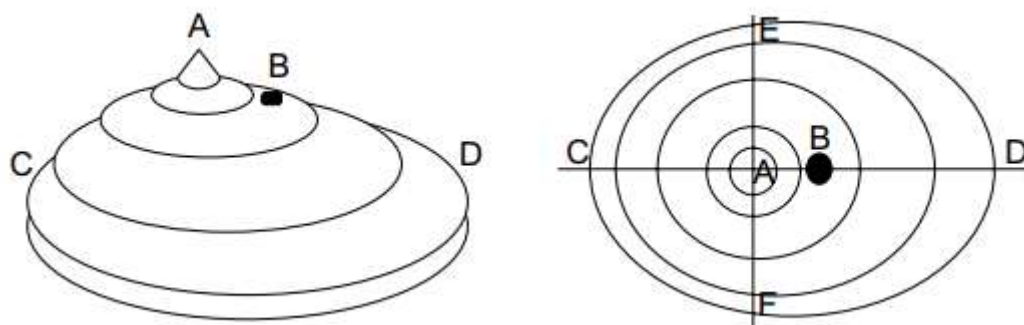
Obrázek 4: Temporální srpky (zdroj: <https://ocutech.com/tunnel-vision/>)-upraveno

Velikost zorného pole pro jednotlivé barvy je různá. Pro bílou barvu je fyziologický rozsah zorného pole temporálně 90 °, nahoru 60 °, nazálně 60 °, dolů 70 ° (což jsou hodnoty fyziologického rozsahu zorného pole). Pro zelenou barvu je to jen 30 ° okolo bodu fixace.

1.3 Perimetrie

Perimetrie je metoda vyšetřující zorné pole. Používá se pro určení poškozené části zrakové dráhy, onemocnění sítnice, zrakového nervu či centrální nervové soustavy způsobené skotomem. [11]

Perimetrické vyšetření také zjišťuje rozdělení prahové citlivosti sítnice na osvit na odlišných místech zorného pole. Centrální zorné pole je nejcitlivější a k periferii se citlivost na osvit postupně zmenšuje. Toto rozdělení v grafu tvoří tzv. kopec vidění neboli hill of vision. Vzhledem k odlišnostem každého testovaného jedince jsou parametry tohoto kopce vidění závislé na věku osoby, míře osvětlení okolí, a parametry stimulu jako je velikost a doba trvání podnětu. Kopec vidění také můžeme v některých literaturách nalézt jako hora vidění. [9, 2]



Obrázek 5: Kopec vidění: A- centrum zorného pole, B- slepá skvrna, C- nazální hranice ZP, D- temporální hranice ZP, E- horní hranice ZP, F dolní hranice ZP (Zdroj: Perimetrie, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D. str. 13)

Vyšetření se provádí pro každé oko zvlášť. Nevyšetřované oko je zakryto pomocí klapky. Okluze nesmí být příliš průhledná, aby nebylo možné vnímat zakrytým okem intenzivnější stimuly a nesmí být ani příliš tmavá, aby u nevyšetřovaného oka nedošlo k adaptaci na tmu a tím pádem k posunu prahové citlivosti v případě následného vyšetření zakrytého oka. Gumička okluzoru musí být vedena přes jinou část obličeje, než je víčko vyšetřovaného oka. [9]

K orientačnímu vyšetření se používá konfrontační zkouška. Metody perimetrie se rozdělují do 2 skupin – na kinetické a statické.

1.3.1 Indikace

Důvodů, proč vyšetřovat zorné pole, je celá řada, avšak mělo by se provádět po pečlivém zvážení, jelikož toto vyšetření je složité a časově náročné.

Mezi indikace patří například přítomnost relativního aferentního pupilárního defektu, při příznacích postižení zrakové dráhy, nejasných poruchách vidění a výpadcích v zorném poli vnímaných pacientem nebo i při průběžných kontrolách a také při změnách na očním pozadí. [9, 17]

1.3.2 Ovlivnění výsledků

Faktory ovlivňující výsledky perimetrie mohou být různé.

Je důležité dostatečně vysvětlit a seznámit pacienta s průběhem, důležitostmi a důvodem vyšetření. Aby pacient dostatečně komunikoval, spolupracoval a měl dobrý postoj k vyšetření, je třeba jej motivovat. Pokud vyšetřující sám projde vyšetřením jako pacient, dokáže lépe vyšetření popsat a na důležité věci upozornit. [9, 17]

Pokud je poučení pacienta před začátkem nedostačující, tak výsledky měření mohou být negativně ovlivněny. Kromě průběhu vyšetření by měl být informován o tom, jak bude

v případě kinetické perimetrie stimul vypadat, kde se může objevit, jak má sedět, opírat se, co dělat v případě, že by chtěl přestávku atd. [9]

V ideálním případě by měl být pacient odpočínutý a v dobrém zdravotním stavu. V místnosti by měla být příjemná teplota. Místnost by také měla být dostatečně velká a tmavá, neměl by do ní pronikat ruch z okolí a perimetr by měl být přizpůsobený individuálním potřebám pacienta. Vyšetřující by měl pacienta pravidelně kontrolovat a ujist'ovat jej o správnosti průběhu vyšetření.

Měření mohou ale ovlivnit například i šířka zornice, transparence optických médií či (nesprávná) stávající korekce. [9, 17]

1.4 Poruchy zorného pole

Výpadkům v ZP se říká skotomy. Skotomy jsou charakteristické pro onemocnění určitých částí zrakové dráhy. Vyšetřují se pomocí perimetrie. [11, 3]

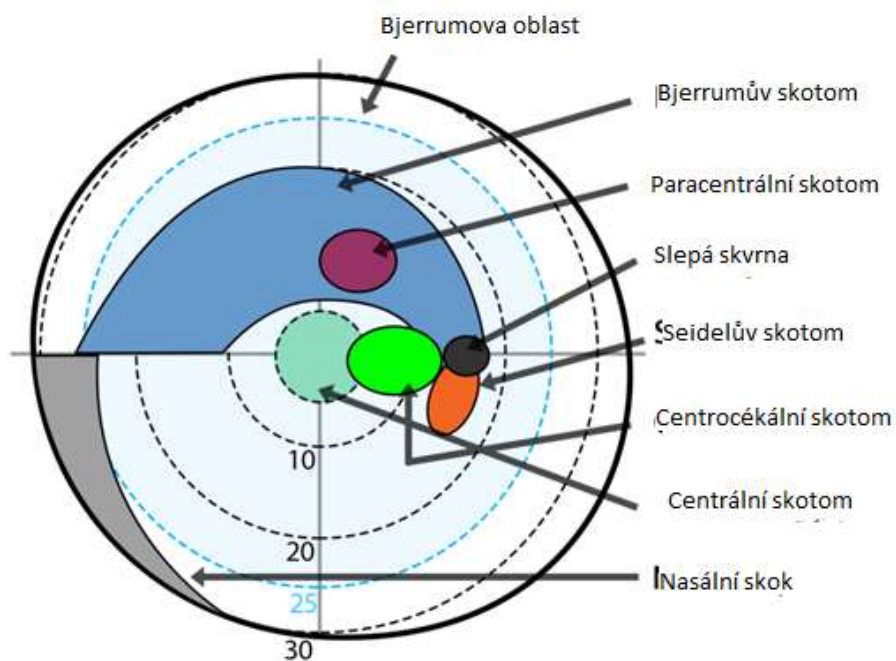
Skotomy:

- Pozitivní
- Negativní
- Absolutní
- Relativní

Podle lokalizace a tvaru:

- Centrální
- Pericentrální
- Centroekální
- Paracentrální
- Arkulátní
- Altitudinální

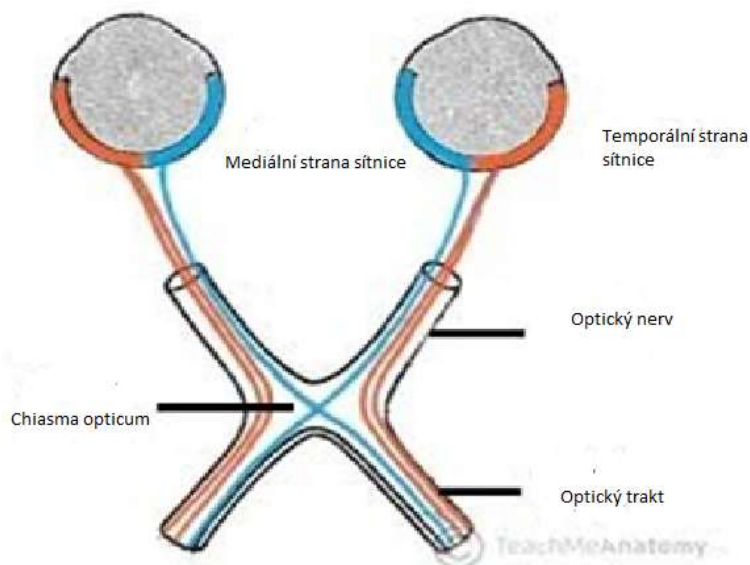
Skotom může být pozitivní v případě, že si pacient výpadek uvědomuje, například tmavá skvrna v zorném poli. Příkladem negativního skotomu je Mariottův bod, fyziologická slepá skvrna, kterou si pacient neuvědomuje v zorném poli díky překrytí ZP pravého a levého oka. V případě absolutního skotomu, který postihuje všechny kvality vidění, nerozezná pacient ani pohyb, barvu, intenzitu atd. Relativní skotomy obvykle způsobují výpadek v oblasti vnímání barev a zachovávají vnímání pohybu. Podle lokalizace a tvaru mohou být skotomy centrální, ty postihují střed zorného pole, pericentrální, které symetricky postihují oblast kolem centra ZP, centrocekální zaujímající pozici v centru a přes slepou skvrnu, paracentrální postihující oblast vedle centra ZP, arkulární, které korespondují se ztrátou svazku vláken nervových a altitudinální zasahující do 2 kvadrantů horní nebo dolní poloviny ZP. [11, 3]



Obrázek 6: Skotomy (Zdroj: <https://www.slideshare.net/RohitRao2/defects-of-visual-pathway>)-upraveno

Při poruše nasálních/temporálních polovin sítnice či nervů odvádějících nervové signály vzniká výpadek v temporální/nasální části zorného pole neboli hemianopsie. Toto vzniká v důsledku křížení nervových vláken v chiasma opticum, kdy se vlákna z temporálních stran sítnice nekříží a nervová vlákna z nasálních stran probíhají zkříženě. Při poruše středu chiasma opticum dochází k heteronymní, bitemporální hemianopsii. Vzácná binasální hemianopie se rozvíjí při poškození v periférii chiasma opticum. Homonymní hemianopsie při poruše za chiasmatem může být buď pravostranná při poruše vlevo nebo levostranná při poruše vpravo.

[3]



Obrázek 7: Chiasma opticum- křížení nervových vláken (zdroj: <https://www.quora.com/What-is-optic-chiasma-of-brain>)-upraveno

2 Vývoj přístrojů pro měření zorného pole

Perimetrie, jako vyšetřovací metoda, se začala vyvíjet již ve starověku a malými krůčky se přibližovala své dnešní podobě.

Jedny z nejranějších zmínek o měření zorného pole jsou z období 5. století před naším letopočtem od Hippokrata, coby popis hemianopie. 150 let před naším letopočtem se Ptolemaios pokusil číselně vyjádřit rozsah ZP a zjistil, že je relativně kruhové. [13, 23]

Avšak až okolo roku 175 našeho letopočtu jsou nalezeny první zápisy o extramakulárním zorném poli od Galéna. Jedna z prvních ilustrací rozsahu zorného pole byla publikována Ulmem z Padovy v článku v roce 1602.

Na počátku 16. století bylo Leonardem da Vincim popsána velikost ZP na 90° temporálně. [13] V roce 1668 popsal Mariott fyziologickou slepou skvrnu a poté i její vztah k lokalizaci optického disku.

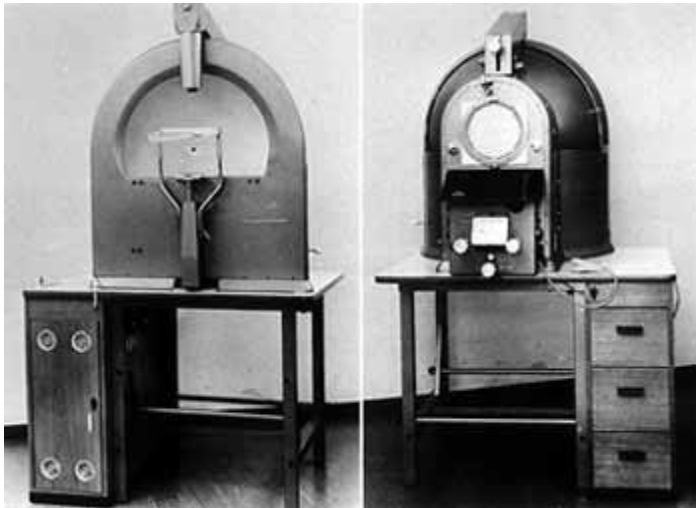
Měření šířky zorného pole bylo poprvé přesněji provedeno Thomasem Youngem v roce 1801, kdy určil rozsah zorného pole na 50° nahoru, dolů k 70° , temporálně na 90° a nasálně 60° . Později v roce 1825 byly parametry upraveny Purkyněm na laterálně 100° , nasálně a nahoru 60° a dolů 80° . [13, 23] Tato změna rozsahu může být způsobena lepšími podmínkami během vyšetřování.

Skotomy byly popsány Boerhaavem v roce 1708 jako místa, ve kterých není možné vidění, avšak jejich tvar a poloha byly popsány až o více jak 100 let později. Do poloviny 18. století byla perimetrie spíše metodou kvalitativního měření.

Kampimetrie byla popularizována Jannikem Bjerrumem, který umístil plátno s tangentovou sítí na dveře své kanceláře. Později zkonstruoval 2 m tangentovou síť, díky které dokázal mnohem přesněji zmapovat oblast centrálních 30° zorného pole. Také jako první zavedl použití barevných stimulů pro použití v perimetrii.

Avšak nejdůležitější přínos do odvětví měření zorného pochází z roku 1945, kdy Hans Goldmann vymyslel polokulový perimetrický přístroj s konstantním osvětlením na pozadí a pohybující se optickou projekcí, která byla schopná vysvítit zářivý stimul na zadní plochu. Goldmannův perimetr byl schopný provádět jak statickou, tak i kinetickou perimetrii s použitím stimulů různé velikosti, barvy a intenzity. Hans Goldmann také dokázal určit vztah mezi intenzitou, velikostí a lokalizací stimulů v zorném poli. [13]

Pro statickou perimetrii byl primárně v 50. a 60. letech 20. století navržen Tübingerův perimetr, na kterém ale mohla být prováděna i kinetická perimetrie. Umožňoval měření prahové chromatické citlivosti i u periferní zrakové ostrosti. Bylo možné také provádět zábleskovou perimetrii a mnoho dalších, což z něj udělalo velmi užitečný klinický přístroj. [13]



Obrázek 8: Tübinger perimetr (Zdroj: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/perimetryhistory/5-standardization.htm>)

Největším expertem v oblasti automatických perimetrů byl Franz Frankhauser a jeho spolupracovníci, kteří přišli s nápadem prvního automatického perimetru nazvaného Octopus. Jejich práce znamenala počátek automatického měření parametrů zorného pole. Humphry field analyzer byl vyvíjen oftalmologem Andersem Heijlem a jeho kolegy. Během posledních 20 let bylo Douglasem Andersonem vydáno několik knih obsahující pokyny k principům automatického testování zorného pole, výkladu jejich výsledků, k provedení výkonu nebo rady k vyhnutí se chybám v průběhu měření. [13]



Obrázek 9: Humphrey Field Analyzer (Zdroj: <https://www.optometryweb.com/6411-Visual-Field-Perimetry-Testing-Equipment-Visual-Field-Perimeters/58018-Humphrey-Field-Analyzer-HFA-II-i/>)

3 Současné metody měření zorného pole

Pro vyšetření zorného pole je možné využít velké množství metod. Některé z nich si již vydobily své místo ve světě, jiné se teprve vyvíjí a některé jsou teprve ve fázi testování.

Níže uvádím krátký přehled metod, testovaného rozsahu zorného pole, stimulu a přístrojů, ve kterých se tyto metody používají. Často se ovšem stává, že v jednom perimetru se používá více metod (například metody SITA a SWAP v perimetru Humphrey Field Analyzer II).

Metoda	Testovaný rozsah ZP	Stimul	Přístroj:
Konfrontační zkouška	Periferie	Barevné tužky, prsty	Testovací předmět (tužka, prsty)
Kinetická perimetrie	Periferie	Goldmannův	Goldmannův perimetr
Semiautomatická perimetrie	Periferie	Goldmannův	Perimetr Octopus
Modrožlutá perimetrie	Centrum, periferie	Goldmannův	Perimetry Humphrey
Frequency doubling technology	Centrum, periferie	Sinusová mřížka	Humphrey Matrix
Motion automated perimetry	Centrum, periferie	Goldmannův	Medmont automated perimetr
Swedish interactive threshold algorithm	Centrum, periferie	Goldmannův	Perimetry Humphrey
Pupilární kampimetrie	30°	Světelný bod	Tangenciální plocha
Amslerova mřížka	10°	Bez stimulu	List papíru
High pass resolution perimetry	Centrum, periferie	Prstence	Ophthalmus systém

Tabulka 1: Srovnání metod perimetrie

3.1 Konfrontační zkouška

Konfrontační metoda se dá považovat pouze za orientační vyšetření.

Používá se u vyšetření malých dětí, nespolupracujících pacientech nebo při konziliárních vyšetřeních (vyšetření u specialisty v daném oboru).

Může se provádět monokulárně i binokulárně. Při monokulárním vyšetření musí vyšetřující zavřít jedno oko pro srovnání hranic svého zorného pole s pacientovým. Pacient sedí s lékařem naproti sobě ve vzdálenosti 1 m zády ke zdroji světla. Vyšetřovaný fixuje oko lékaře, lékař pohybuje testovacím předmětem z periferie do centra zorného pole. Směry pohybu jsou podél vertikálního, horizontálního a šikmého meridiánu. Jako stimulus lze použít prsty, ale je lepší ruce střídat, aby pacient nemohl dopředu odhadnout testovanou oblast. Dále je možno testovat pomocí barevných předmětů, díky kterým je test citlivější než při použití bílého stimulu. [9, 10]



Obrázek 10: Konfrontační zkouška (Zdroj: <http://medcastle.blogspot.com/2011/08/confrontation-test.html>)

3.2 Kinetická perimetrie

Vyšetření kinetickou perimetrií je užitečné například u neurologických postižení s přesně ohraničenými skotomy, sníženou zrakovou ostrotí, nebo s výpadky u pigmentové retinopatie.

Při tomto typu vyšetření vznikají linie, které spojí místa o stejné prahové citlivosti sítnice na stimul o určité barvě, jasě a velikosti, tzv. izoptéry. Vyšetření by mělo probíhat z oblasti, kde je předmět viděn do oblasti, kde jej již nevidí. Ideální počet testování jedné linie je 12, minimálně ale 8 a to z různých směrů, aby se zabránilo předvídání dalšího zkoušeného směru. Zorné pole by mělo být testováno pomocí 4 stimulů o různé intenzitě a velikosti, které by měly být rovnoměrně rozmístěny v měřené oblasti. Jako stimuly jsou použity Goldmannovy testovací body.

Pro nezkrácení výsledků je důležité zvolit rychlost pohybu stimulu dle reakčních možností pacienta. Při nadměrně rychlém pohybu, kdy pacient pozdě zmáčkne tlačítko, vzniká jako výsledek falešné zúžení zorného pole. Při malé rychlosti pohybu klient neudrží pozornost a koncentraci a rychle se unaví.

Zástupcem kinetické perimetrie z přístrojů je Goldmannův perimetr. [9]

3.3 Semiautomatická kinetická perimetrie

Tento typ perimetrie vychází z principů kinetické perimetrie, rozdíl je v tom, že vyšetřující zadá na displeji tzv. vektor, který určí odkud začne měření probíhat, jeho směr a konečný bod měření. Po spuštění se stimul pohybuje konstantní rychlostí v zadaném směru pohybu. Podle věku klienta se na displeji zobrazí normální hodnoty izopterických linií a přístroj poté sám dokáže vyhodnotit dobu reakce pacienta na daný stimul. Stimuly jsou stejné jako v případě kinetické perimetrie. [9]

3.4 Statická perimetrie

Statická neboli počítačová perimetrie má primární využití při diagnostice glaukomu a jeho progresi a také pro neurologická postižení.

Na rozdíl od kinetické perimetrie se při metodách založených na principu statické perimetrie stimul nepohybuje z periferie do centra, ale je vysvěcován bílý nebo barevný podnět na bílém pozadí. Vyšetřovaný tedy stiskne tlačítko ve chvíli, kdy statický podnět uvidí. Jas podnětu se může lišit, proto se tyto metody také někdy nazývají jako prahová statická perimetrie.

Na tomto principu jsou založeny dále zmíněné metody vyšetření. [9]

3.5 Modrožlutá perimetrie (SWAP)

Modrožlutá perimetrie (anglickým názvem short-wavelength automated perimetry) se používá pro testování koniocelulárních buněk sítnice, tedy pro rozpoznání postižení v krátkovlnné oblasti viditelného spektra

Při modrožluté perimetrii je testována citlivost čípků na vlnové délky odpovídající modré části viditelného spektra při adaptaci na žluté pozadí, což způsobí potlačení sensitivity zbylých čípků. (3)

Žluté pozadí se docílí použitím filtru propouštějícího vlnové délky nad 500 nm (zelená-červená). Standardní použitý jas pozadí je 100 cd/m², avšak při použití jasnějšího žlutého pozadí dochází k vyšší izolaci modrých čípků.

Jediným rozdílem oproti bílé perimetrii je použití specifické barvy podnětu a žlutého pozadí. Tato metoda se i přes tyto rozdíly stále používá jako statická prahová perimetrie s Goldmannovými parametry stimulů.

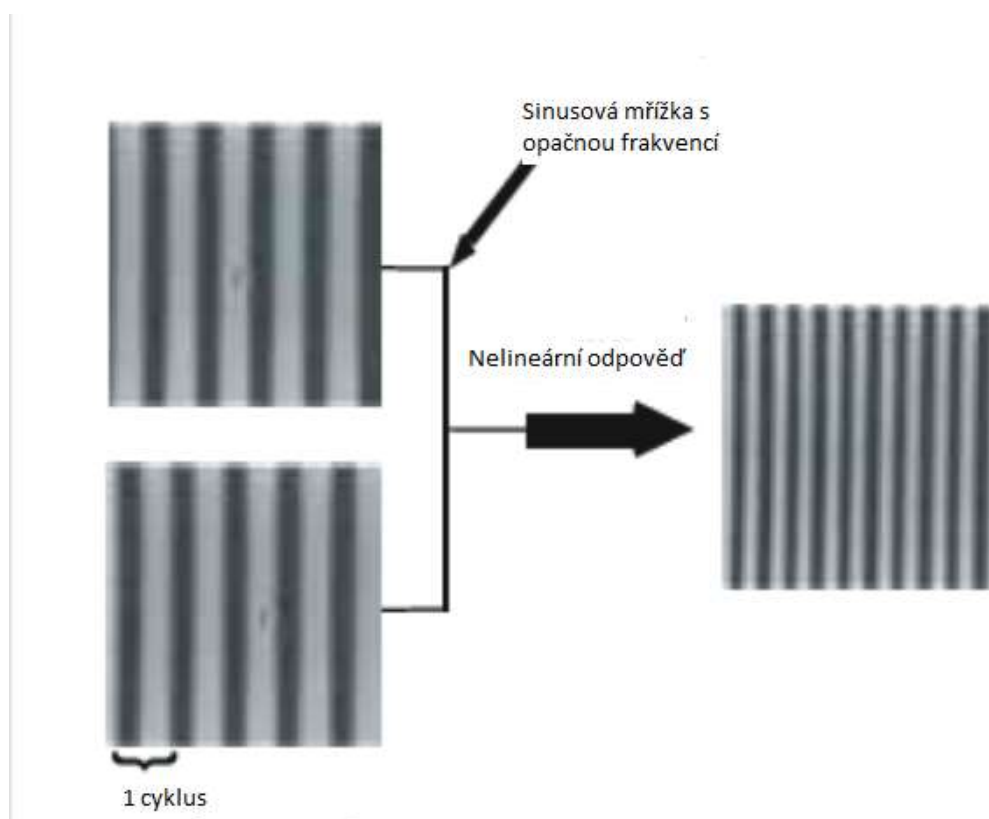
V současné době se věří, že modrožlutá perimetrie dokáže nejcitlivěji zachytit/rozpoznat časné poškození oka či zrakového nervu způsobené rozvíjejícím se glaukomem a dokáže také detekovat rozsáhlejší poškození než běžná bílá perimetrie. (3)

Nedoporučuje se použití pro testování starších osob, u pacientů s kataraktou a pro pacienty, kteří mají již detekovatelnou velkou ztrátu zorného pole při bílé perimetrii. [1]

3.6 Frequency doubling technology perimetry (FDT)

Frequency doubling technology perimetry zkoumá funkci buněk magnoocelulární zrakové dráhy sítnice, které zajišťují vnímání pohybu.

FDT pracuje na principu zjišťování kontrastní prahové citlivosti pomocí tzv. frequency-doubling-illusion fenoménu, jenž nastává u sinusové mřížky, která je tvořena tmavými a světlými proužky o nízké frekvenci, jež se rychle ve svých pozicích střídají a tvoří iluzi dvojnásobného množství proužků.



Obrázek 11: Stimul FDT perimetrie-upraveno (Zdroj: <https://visionhelp.wordpress.com/2016/02/11/the-visual-magnocellular-deficit-in-reading-fdt-vep-lenses-and-prisms/>)

FDT perimetrie dokáže odhalit změny v zorném poli pacienta s glaukomem lépe a dříve než klasická perimetrie. Díky jejím přínosům byl vyvinut přístroj Humphrey Matrix, který má ve své paměti uloženou databázi klientů, díky čemuž odpadá povinnost připojit k přístroji počítač. [9, 13]

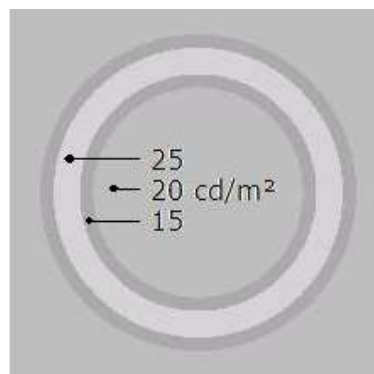
3.7 High – pass resolution perimetry (HPRP)

Podobně jako SWAP metoda testuje koniocelulární buňky sítnice, HPRP prověřuje parvocelulární systém. Rozdíl oproti ostatním metodám však spočívá v tom, že jako testové stimuly jsou využívány prstence o různé velikosti.

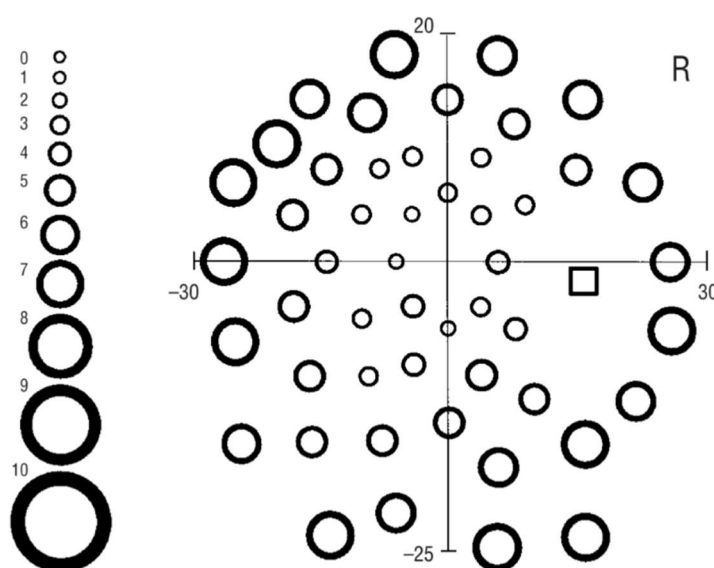
Při úbytku gangliových buněk dochází také ke ztrátě kontrastní citlivosti sítnice. (3)

Prstenec, coby testový podnět, je tvořen dvěma kruhy. Tělo prstence má vyšší světelnou intenzitu než střed prstence, který má stejnou intenzitu jako pozadí perimetru. Vnější a vnitřní okraje podnětu jsou tmavší a každý stimul je vysvěcen po dobu 65 ms.

Vyšetřovací vzdálenost je 0,16 m, na vyšetření se může použít 14 různých velikostí prstenců, odstupňovaných velikostně po 0,1 log jednotek (dB), největší prstenec zabírá skoro celý kvadrant. [2, 9]



Obrázek 12: Rozdílné intenzity jednotlivých částí testových prstenců (Zdroj:<http://www.neuro-o.se/Perimetry/perimetry.html#HRP>)



Obrázek 13: Příklad měření zorného pole pravého oka pomocí HPRP metody. (Zdroj: <https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/fullarticle/411387>)

Výhodou této metody je, že v porovnání s bílou perimetrií dokáže dříve detekovat výpadky v zorném poli. Mezi další benefity patří také krátká doba vyšetření a to průměrně 5,5 minuty pro testování 50 testových podnětů na různých místech v testované oblasti.

Avšak na druhou stranu nevýhody převažují výhody. Tato technika je velice citlivá na rozmazání, ať z důvodu refrakčních jako je nesprávná korekce, popřípadě změny v optických médiích. Mezi další nevýhody patří nemožnost měřit hloubku defektu a mohou být nezměřeny skotomy, které jsou menší, než je nejmenší testový prstenec. Oproti ostatním metodám má tato technika limitovaný počet velikostí stimulů, což značně omezuje možnosti monitorování progresu defektů u pacientů. [1]

Tento způsob testování se používá v systému Ophthimus vyvinutém v roce 1987. [24]

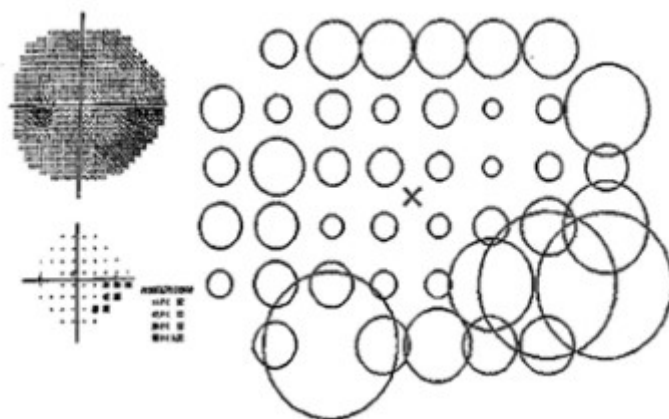
3.8 Motion automated perimetry (MAP)

Swap metoda testuje citlivost čípků na modré světlo, u Motion automated perimetry jsou informace o pohybu předávány magnocelulárními buňkami zrakové dráhy.

Je důležité pacienta instruovat o průběhu měření, a v tomto případě, aby udával slovně směr pohybu světelného bodu.

Tato metoda se využívá pro měření zorného pole glaukomatiků, díky čemuž se podle výsledků studií a srovnání výsledků MAP a standardní perimetrie vyvíjí současně porucha systému pro vnímání světla a pohybu. [9]

Na principu MAP perimetrie pracuje přístroj Medmont automated perimetr.



Obrázek 12: Motion automated perimetry stimul (Zdroj: Perimetrie, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph. D. str 62)

3.9 Swedish interactive threshold algorithm (SITA)

SITA metoda je využívána hlavně u pacientů trpících glaukomem. Pracuje na principu porovnání hodnot citlivosti normálního zorného pole a zorného pole ovlivněného glaukomem a poté vytvoří nejpravděpodobnější prahovou reakci sítnice. Cílem této metody bylo urychlit měření a tím minimalizovat dobu potřebnou pro koncentraci klienta. Díky tomu má Swedish interactive threshold algorithm lepší výsledky v oblasti prahové citlivosti sítnice. Také má lepší reprodukovatelnost. Sita metoda je více popsána v kapitole 4. Humphrey field analyzer II

Tímto principem jsou vybaveny perimetry Humphrey od firmy Zeiss. [9. 19]

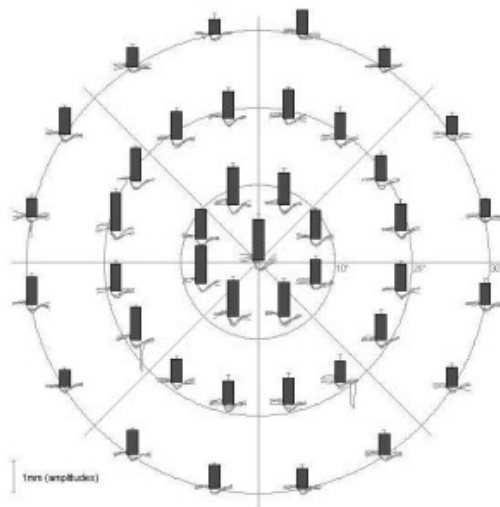
3.10 Pupilární kampimetrie

Rozdíl mezi kampimetrií a perimetrií spočívá ve vyšetření nikoli na polokulovité ploše, ale na ploše tangenciální. Tato metoda je založena na reakci pupily na světelný podnět, přičemž abnormality v zorném poli při perimetrickém vyšetření jsou totožné s defekty při zornicové reakci.

Metoda pupilární kampimetrie je vhodná pro pacienty simulující zúžení zorného pole, jelikož defekt v zorném poli se projeví zornicovou reakcí buď sníženou, nebo není zornicová reakce přítomna vůbec. Dále se například dá použít například u pacientů s pigmentovou degenerací sítnice.

Na vysvícení bílého stimulu reaguje zornice miózou a její pohyby jsou snímány infračervenou kamerou, a poté vyhodnoceny.

Tento způsob vyšetřování zorného pole je velmi objektivní a žádoucí metoda, avšak používá se pouze na pár pracovištích ve světě. [9]



Obrázek 13: Výsledek pupilární kampimetrie u zdravého oka (Zdroj: Perimetrie, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D. str 64)

3.11 Amslerova mřížka

Amslerova mřížka se používá pro hodnocení centrálního zorného pole do blízka, při mapování očního pozadí u VPMD, spekulativním nálezem u oftalmoskopie, pro detekci přítomnosti tekutiny v makule (edém) a u dalších očních poruch.

Kontraindikace pro testování pomocí Amslerovy mřížky nejsou žádné a mezi indikace pro její použití se řadí:

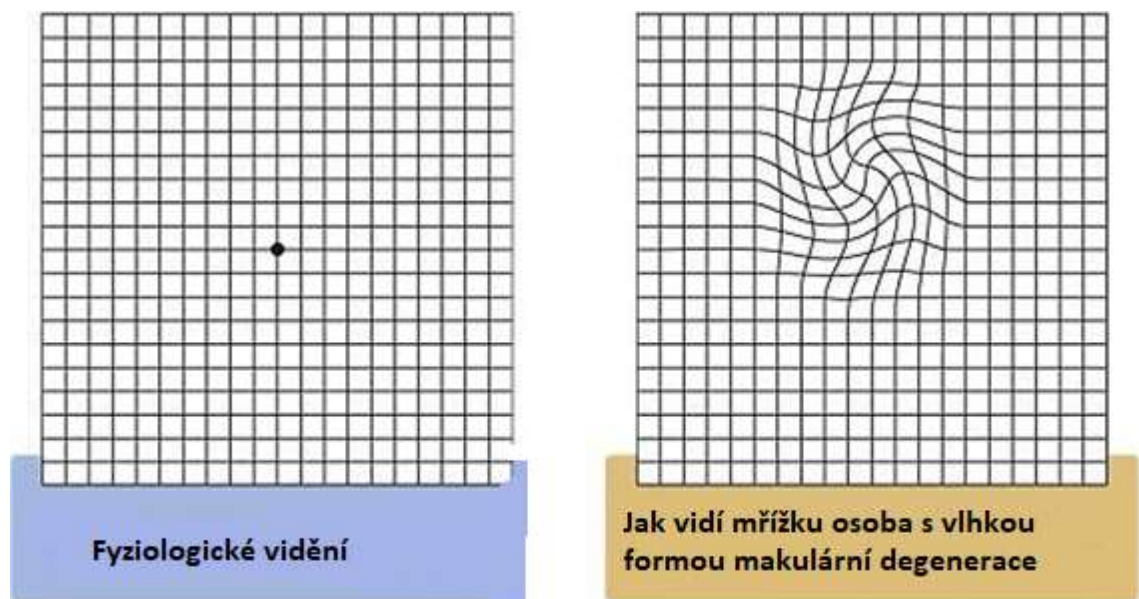
- Vlhká forma makulární degenerace
- Centrální seriózní chorioretinopatie
- Akutní makulární neuroretinopatie
- Cystoidní makulární edém
- Nádory hypofýzy

Jediné omezení pro její využití je, aby měl pacient dostatečný vizus pro odlišení jednotlivých linií Amslerovy mřížky.

Mřížka má velikost 10 cm x 10 cm. Používá se jako čtecí tabule na 25 cm nebo 40 cm. V současnosti existuje několik variant. Patří mezi ně mřížka s černým pozadím a bílými liniemi. Druhá varianta se liší od první pouze tím, že přes mřížku jsou umístěny diagonálně další 2 linie. Další verze je opět odvozena od první s tím rozdílem, že linie jsou červené namísto bílé.

Vyšetření Amslerovou mřížkou je monokulární, s použitím brýlové korekce do blízka a za dobrého osvětlení. Je důležité, aby pacient fixoval pouze centrální fixační bod a neměnil

pohledový směr. Vyšetřující pokládá pacientovi otázky ohledně kontrastu různých částí mřížky, chybění čtverečků, prohnutí, zda vidí mřížku celou, jak vypadá centrální bod a další. Vyšetření může probíhat i v domácím prostředí a doporučuje se jej provádět jednou měsíčně. [15, 13]



Obrázek 14: Amslerova mřížka (Zdroj: <https://www.rehabilitace.info/nemoci/makularni-degenerace-priznaky-prevence-a-lecba-upraveno/>)

4 Princip vybraných přístrojů

Pro správné provedení perimetrického vyšetření je důležité vědět, na jakém principu daný přístroj funguje. Bohužel neexistuje jednotný hodnotící systém výsledků měření, proto je nutné vědět, jaké výsledky z různých přístrojů se mohou porovnávat a které ne. Pro detailnější popis jsem vybrala následující přístroje.

Pro lepší orientaci v pojmech uvedených v kapitole 4. jsem důležité termíny vypsala a vysvětlila v podkapitole 4.1.

4.1 Důležité pojmy

Prahový test

- V perimetrii tento termín popisuje specifickou poznávací hodnotu stimulu, kdy v 50 % testování je stimul viděn a v 50 % není rozpoznán. Z této myšlenky vychází předpoklad, že všechny stimuly o vyšší intenzitě budou rozpoznány a o intenzitě nižší nebudou pacientem registrovány. [2]

Nadprahový neboli tzv. supratreshold test

- Nadprahová perimetrie je vytvořena z důvodu screeningu zorného pole a pro zjištění, zda je funkce sítnice normální. Měření probíhá se stimuly o vyšší intenzitě, než je očekávaný „kopec vidění“. Tento test se používá spíše pro vyšetření starších pacientů. [2]

Falešně pozitivní chyba

- Falešně pozitivní chyba znamená, že pacient zmáčkl tlačítko také ve chvíli, kdy žádný stimul neviděl, proto je při edukaci o průběhu vyšetření potřeba pacienta ujistit, že je zcela normální, že neuvidí všechny stimuly. Tento typ chyby může být registrován dvěma způsoby. Ten první zaznamenává chybný výsledek při stisknutí tlačítka ve chvíli, kdy přístroj vydá zvuk, který doprovází vysvícení stimulu. Další způsob je použit například u SITA programu, který počítá odpovědi ve chvíli, kdy není očekávána odpověď pacienta. Pro pacienty, jejichž výsledky falešně pozitivní chyby přesahují hodnotu 15 % (což mimo jiné ukazuje na nespolehlivost výsledku měření), existuje pojmenování „Trigger – happy patients“, což jsou pacienti, kteří když stimul nevidí, jsou nervózní, popřípadě nebyli řádně instruováni o průběhu vyšetření. V protokolu se falešně pozitivní chyba projevuje hlavně v numerickém grafu vyššími hodnotami, než jsou běžné, případně v grafickém vyjádření vyšším množstvím bílé barvy, která značí vyšší citlivost sítnice na osvit. [9]

Falešně negativní chyba

- Falešně negativní chyba vzniká ve chvíli, kdy pacient nereaguje na podnět o vyšší intenzitě na stejném místě, kde již předtím viděl stimul s nižší intenzitou. V případě vysokých naměřených hodnot (nad 15 %) je potřeba důkladnějšího dozoru nad pacienty během měření, případně je pacient již ve velmi špatném stavu. Tento typ chyby se v protokolu projeví větším množstvím tmavých barev. [2, 19, 20]

Dvouzónová strategie:

- Každý testovaný bod je během vyšetření vysvícen o 6 dB s vyšší intenzitou, než je očekávaný kopec vidění. Pokud daný bod klient neregistruje, dá se očekávat, že hloubka defektu bude alespoň 6 dB. Ve výsledkovém protokolu se neviděný stimul označuje plným čtvercem a viděný stimul jako kolečko. [2, 19]

Třízónová strategie: [1, 2]

- Třízónová strategie vychází z principu výše uvedené dvouzónové strategie, avšak s tím rozdílem, že všechny neviděné testové body jsou vysvíceny znovu s maximální intenzitou pro vyloučení možnosti absolutního skotomu. Podobně jako u dvouzónové strategie jsou viděné stimuly označené kolečkem, X pro relativní skotomy a plný čtverec pro absolutní defekty.

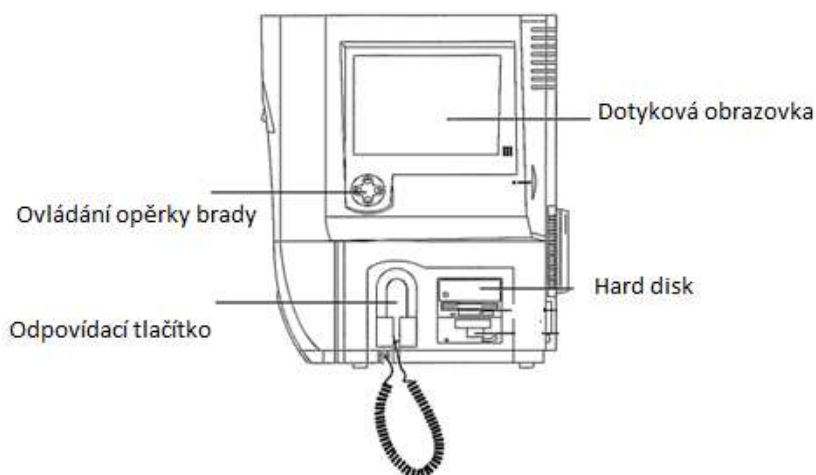
Ztráta fixace

- Tato hodnota hodnotí schopnost pacienta fixovat centrální bod i přes záblesky podnětů v zorném poli. V průběhu měření je několikrát ověřována vysvícením stimulu v místě slepé skvrny, přičemž tento bod by pacient se správnou fixací neměl vidět. [2]

4.2 HFA II - Perimetr Humphrey Field Analyzer II

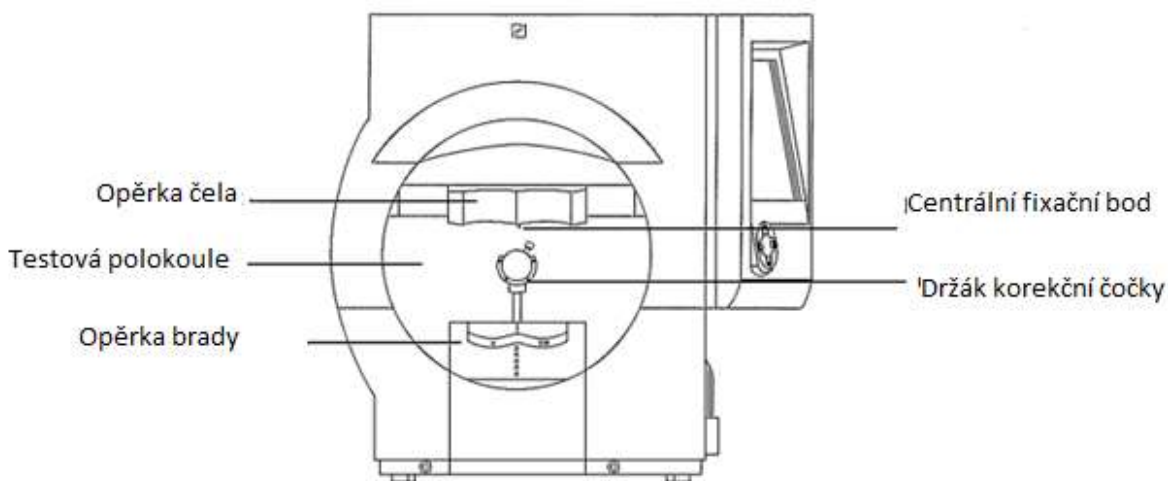
Tento typ perimetrů pracuje na principu metod SITA a SWAP.

Při pohledu ze strany vyšetřujícího se tento přístroj skládá z dotykové obrazovky, tlačítka na ovládání opěrky brady, tlačítka zaznamenávající stiskem viditelný stimul, dále u některých modelů hard disk, místo pro vložení diskety a pro uložení magnetické pásky.



Obrázek 15: Části perimetru z pohledu vyšetřujícího (Zdroj: http://www.ophthalmicsurplus.com/humphrey_700_series_1.pdf- upraveno

Při pohledu ze strany pacienta se na přístroji nachází opěrka čela, testovací polokoule, opěrky na bradu pro testování pravého i levého oka. Dále může vyšetřovaný vidět při pohledu do testovací polokoule centrální fixační značku ve formě fixačního bodu, případně malého či velkého diamantu. V případě, že vyšetřovaný používá korekci do blízka, dá se využít držák korekční čočky, do kterého se vloží potřebná dioptrická hodnota korekční čočky. [19]



Obrázek 16: Části perimetru z pohledu vyšetřovaného (Zdroj: http://www.ophthalmicsurplus.com/humphrey_700_series_1.pdf)-upraveno

Při statické perimetrii je testována rozdílná světelná citlivost v různých lokacích (bodech) na sítnici, která je zobrazována na tangentové mřížce. Podle typu vyšetření se liší počet, vzdálenost mezi body a testovaná oblast. Tento přístroj měří intenzitu podnětu v rozmezí 0-50 dB. [20]

V případě perimetru Humphrey při testování centrálních 24° nebo 30° je vzdálenost mezi body 6°. Centrální horizontální body jsou rozloženy na horizontální ose při typu vyšetření 24-1 nebo 30-1 a v případě testování typu 24-2 nebo 30-2 v určitých vzdálenostech od horizontální osy. Výhodou těchto typů vyšetření (30-2 nebo 24-2) je vzdálenost vyšetřovaných míst 3° od centra zorného pole a díky tomu je vyšetření více citlivé na změny. Při použití varianty testu 30-2 je zorné pole vyšetřeno pomocí celkem 76 bodů. U varianty 24-2 je to 54 bodů. Tyto postupy se používají pro sledování progresu glaukomu a také pro jeho diagnostiku. [18]

Ovšem jeden z nejužitečnějších způsobů vyšetření je test 10-2, při kterém jsou testované polohy od sebe vzdáleny pouze 2°, a díky tomu je možno testování provádět s velkou citlivostí. Toho se využívá při podezření na defekty Makuly.

Vývojáři ve firmě Humphrey vyvinuli 2 testovací metody pro urychlení doby měření, a jsou to SITA-Standard a SITA-Fast.

SITA-Standard je prahová perimetrická metoda, která má za úkol zkrácení celkové délky měření bez snížení kvality testování (snížení počtu testovaných bodů, opakovatelnosti testu, ...). Metoda SITA-Fast byla vyvinuta za stejným účelem.

Oba tyto způsoby měření mohou být použity v kombinaci s prahovými testy jako jsou:

- Central 10-2
- Central 24-2
- Central 30-2
- Peripheral 60-4

Ovšem ani SITA-Standard a SITA-Fast nemohou být použity v kombinaci s metodou SWAP, pouze se „základním“ Goldmannovým stimulem, který je bílý a o velikosti III. Tento stimul je automaticky přednastaven v perimetru při výběru jedné z těchto dvou variant vyšetření.

Velkou výhodou tohoto přístroje je jeho možnost alespoň částečného přizpůsobení klientovi, co se týče pozice usazení. Humphrey Field Analyzer II umožňuje vysunutí přístroje směrem k pacientovi, což je velmi užitečné v případě, že pacient používá kolečkové křeslo. Díky tomu je možné posezení klientovi alespoň částečně zpříjemnit, což se poté může promítnout do spolehlivosti testu.

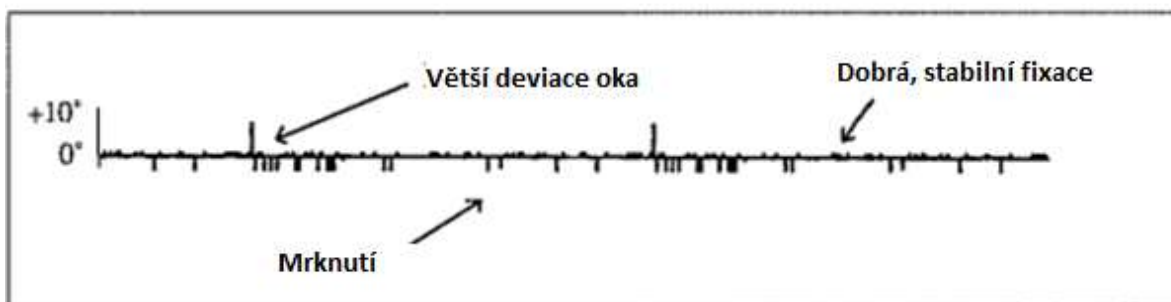
Další z výhod je možnost přesunout tlačítko klientovi například do klína, na koleno, opěrku na židli, což usnadní možnost pacientům odpovídat v případě, že mají například problémy s klouby, nebo jsou vyššího věku. O správnosti zmáčknutí tlačítka informuje pacienta i vyšetřujícího možnost nastavení zvukového doprovodu stisknutí tlačítka. [19, 20]

V dnešní době se již používá v některých nemocnicích i novější řada perimetrů Humphrey Field Analyzer III. Jeden z těchto perimetrů je používán i v Nemocnici u sv. Anny v Brně, a proto jsou uvedené výsledky testování z tohoto perimetru.

Výsledkový protokol se skládá z několika částí. V záhlaví jsou uvedeny údaje klienta, jeho jméno, rodné číslo jako identifikační číslo pacienta a pohlaví. Níže je uvedené, které oko je testované a typ testu. Dále jsou uvedené údaje o typu fixace, hodnoty falešně pozitivních a falešně negativních chyb, ztráty fixace a délce testu. Ve druhém sloupci je popsána velikost a barva stimulu, intenzita osvětlení pozadí, použitá vyšetřovací strategie, šířka zornice, zraková ostrost a případná hodnota korekce do blízka. V posledním sloupci je napsáno datum testu, čas vyšetření a věk pacienta.

Jako první z grafů, který je umístěn vlevo nahoře, je číselné hodnocení citlivosti sítnice na osvit, přičemž platí, že čím vyšší numerická hodnota, tím je vyšší prahová citlivost sítnice. Graf vpravo nahoře je vyjádření numerického grafu v odstínech šedé. Černá barva v grafu indikuje absolutní skotomy, případně slepou skvrnu. Analogicky k numerickému grafu je pokles citlivosti sítnice značen tmavými barvami a vyšší hodnoty mají světlejší barvu. Graf „total deviation“ porovnává naměřené hodnoty prahové citlivosti s očekávanými hodnotami pro danou věkovou kategorii. Hodnoty vyšší než 0 vyjadřují vyšší citlivost a nižší zase pokles citlivosti vyšší, než je očekáváno. Znárodnění „pattern deviation“ vyjadřuje velikost anomálie po odstranění poklesu citlivosti v celém zorném poli. Tyto grafy nezohledňují kolísání měřených hodnot v rozsahu normálních hodnot. [2, 9]

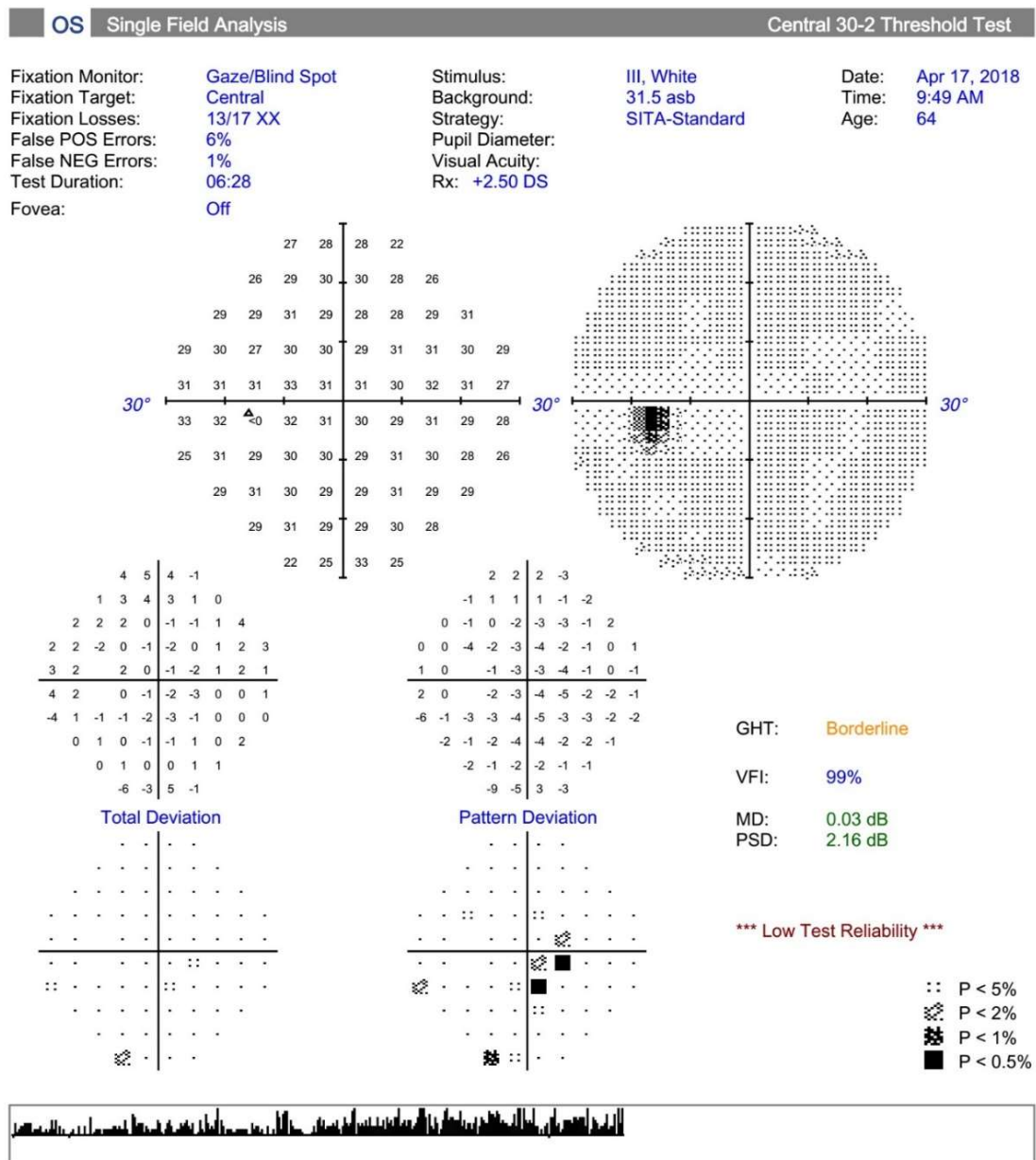
Pod grafy je uvedena linie, na které jsou zachyceny veškeré přerušování fixace pohledu. Pokud je tato linie bez výraznějších výkyvů, nedošlo k přerušování fixace během testu. Výkyvy pod hranicí linie znázorňují mrknutí, výkyvy nad hranicí jsou tvořeny deviacemi oka. Čím vyšší jsou výkyvy, tím k větší deviaci oka došlo. Tento graf je zachycován v průběhu celé délky měření zorného pole. [9, 20]



Obrázek 17: Graf přerušování fixace oka (Zdroj: http://www.ophtalmicsurplus.com/humphrey_700_series__1.pdf-upraveno)

Co se značek týče, tak GHT je zkratka pro Glaucoma Hemifield Test, který hodnotí skotomy v zorném poli, které jsou běžné jako nález u glaukomu. VFI – Visual Field Index měří funkčnost sítnice jako celek vyjádřený v procentech upravených vzhledem k věku pacienta. MD neboli Mean Deviation porovnává naměřený kopec vidění se statistickým pro danou věkovou skupinu. V případě negativních hodnot je v zorném poli zhoršený nález. Poslední ze značek je Pattern Standard Deviation, PSD, což značí míru nerovností na kopci vidění. [9, 20]

Na níže uvedeném protokolu je pomocí XX označena velká hodnota ztráty fixace a vyšší hodnota falešně pozitivní chyby.



Obrázek 18: Výsledkový protokol testu Central 30-2 Threshold test (Zdroj: Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně).

4.3 Octopus 900

Perimetr Octopus 900 pracuje na principu Goldmannova perimetru.

Dá se rozdělit na část řídicí a vyšetřovací. Řídicí část je tvořena notebookem, popřípadě počítačem. Vyšetřovací jednotka perimetru se skládá z několika částí (dle obrázku):

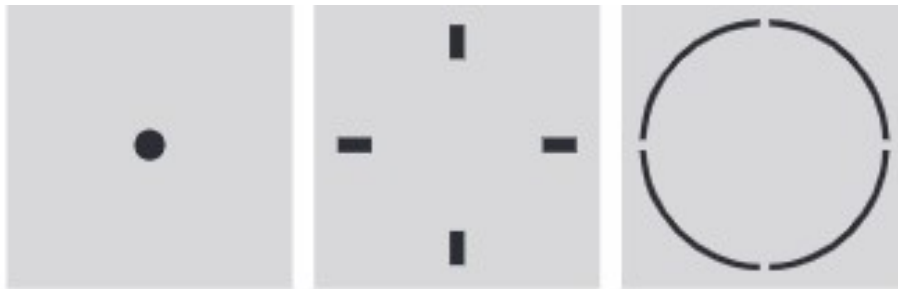
1. Kryt se stimulačním projektorem
2. Přední kryt
3. Plášť/ kopule
4. Opěrka čela
5. Zadní stěna perimetru
6. TFT displej
7. Držák korekčního skla s IR osvětlením oka
8. Ovládací panel
9. Miska na bradu se zabudovanými snímači pro rozpoznání polohy hlavy
10. Opěrka pod bradu
11. IR kryt
12. Pomocné označení optimální výšky hlavy
13. Místo připojení
14. Tlačítko odezvy pacienta



Obrázek 19: Perimetr Octopus 900 (Zdroj: <https://docplayer.cz/39234764-Navod-k-pouziti-perimetr-octopus-900-eyesuite-perimetry.html>)

Tento přístroj poskytuje projekční perimetrii v rozsahu 180°. Je to sférický přístroj ovládaný počítačem. Kopule má poloměr 30 cm, jsou na ni promítány testové značky o různé velikosti, intenzitě a barvě. Pro tento perimetr je specifická možnost provedení statické a kinetické perimetrie. [21, 22]

Stimuly mohou mít velikost V (největší) až po velikost I, kdy je stimul nejmenší. Rozdíl mezi jednotlivými stimuly je vždy 5 dB. Nejčastěji se používá při statickém vyšetření velikost stimulu III. Délka vysvícení testovacího bodu může být v rozmezí 100-500 ms. Pro fixování pohledu lze zvolit 3 druhy značek, a to středový bod, kříž a kroužek.



Obrázek 20: Fixační značky: Bod, kříž, kroužek (Zdroj: <https://docplayer.cz/39234764-Navod-k-pouziti-perimetr-octopus-900-eyesuite-perimetry.html>)

Při vyšetření je pacientovo oko monitorováno pomocí sledovacího systému a v případě přerušení fixace (mrknutí, změna pohledového směru) je daný bod proměřen znovu v průběhu testu. Je také důležité, aby byla pozice oka správně nastavená při použití korekční čočky, a bylo zabráněno zobrazení stimulu „za držákem čočky“. Správné pozice je dosaženo automatickým posouváním opěrky čela a brady. [21, 22]

Statická perimetrie může být prováděna na tomto přístroji v rozmezí 0-47 dB. Zvolené vektory pohybu mohou být řízeny zcela počítačem, mohou být poloautomatické, nebo se přístroj může použít jako klasický Goldmannův kinetický perimetr. V tom případě směr a rychlost pohybu testové značky bude ovládána vyšetřujícím. Tato možnost nastavení umožňuje měření opakovat s konkrétní rychlostí vektoru.

Také je možnost během testování měřit dobu reakce pacienta od vysvícení stimulu po stisknutí tlačítka, což může výrazně pomoci při vyhodnocování výsledků a zvýšit spolehlivost vyšetření.

Vyšetření by se nemělo provádět s vlastní korekcí do blízka z důvodů centrace na jinou vzdálenost než 30 cm. Dalším důvodem je také omezení zorného pole úzkými obroučkami. V případě nutnosti korekce je možno v perimetru předložit před oko korekční čočky co nejbližší k oku, avšak zároveň do takové vzdálenosti, aby se nedotýkaly řas vyšetřovaného. Nejlepší čas pro mrknutí při vyšetření je ve chvíli, kdy pacient stiskne tlačítko.

4.4 HEP - Heidelberg edge perimetr

Heidelberg edge perimetr patří do skupiny zábleskových perimetrů.

Na rozdíl od ostatních perimetrů tohoto typu používá stimul FDF – Flicker Defined Form neboli alternaci tmavých a světlých stimulů v různých částech zorného pole. Jednotlivé body jsou vysvíceny intenzitou osvětlení 50 cd/m^2 . Pozadí je v průběhu testu osvětleno konstantní hodnotou 50 cd/m^2 , s bodem zobrazujícím se po dobu 400 ms s frekvencí 15 Hz. Během vyšetření mohou být vysvíceny testové body o intenzitě 0-25 dB.

Tento perimetr je vhodný pro testování jak centrálního, tak i periferního zorného pole. Při testování centrální části v šířce 10° , 24° , 30° nebo 60° . [14]

Při vyšetření mohou být použity různé postupy metody, například Adaptive Staircase Thresholding Algoritmus neboli ASTA, která může být použita ve třech variantách:

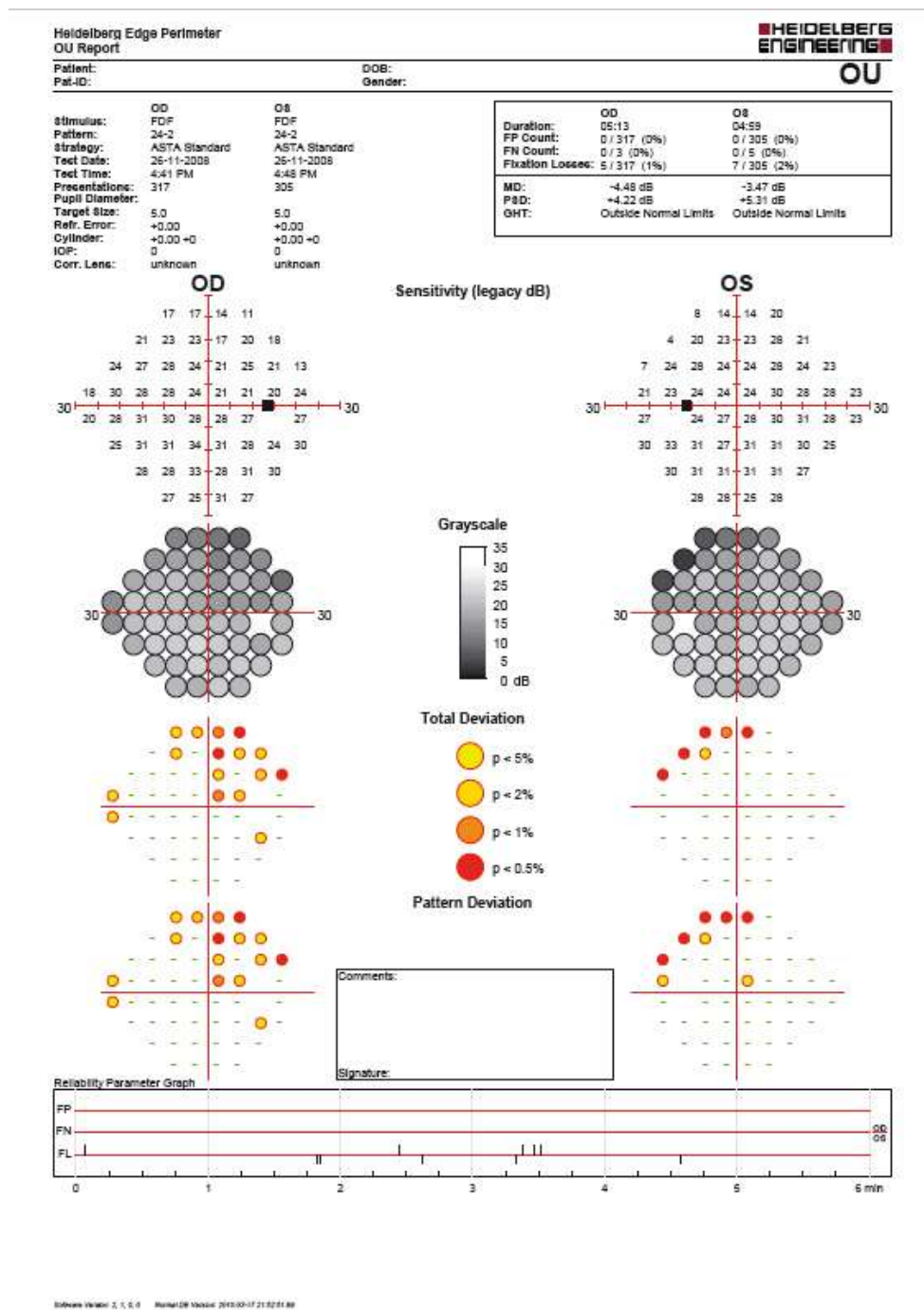
- ASTA Standard
- ASTA Follow-up
- ASTA Fast

ASTA Standard se snaží dosáhnout neoptimálnějších podmínek pro měření. Je vhodné pro vyšetření nových pacientů díky dobrému vyhodnocení budoucí progresu onemocnění. Nejprve se použije strategie 4:2:2, k určení ztráty citlivosti v daném segmentu. V případě, že vyšetřovaný stimul nerozezná, použije se stimul zesílený o 4 dB, a pokud jej stále neregistruje, přidají se další 2 dB. Tato výsledná intenzita stimulu je brána jako počáteční hodnota pro okolní vyšetřované oblasti, kde je zvyšování intenzity formou 2:2.

ASTA Follow-up srovnává výsledky předchozích měření se současnými s použitou strategií zvyšování intenzity 2:2. Její výhodou proti ASTA Standard je kratší doba testu, a tedy menší zátěž pro pacienta.

ASTA Fast algoritmus používá strategii 4:2, díky čemuž se výrazně zkrátí čas vyšetření. Tato metoda je nejvhodnější pro pacienty, kteří nedokážou dostatečně dlouho udržet pozornost, případně pro měření pacientů, jejichž naměřené hodnoty v předchozích měřeních byly v normálu. Tyto výsledky jsou méně porovnatelné, avšak velkou výhodou tohoto testu je již zmíněná rychlost měření. [14]

Při vyhodnocování testu jsou brány v potaz například ztráta fixace (FL – Fixation Losses), falešně pozitivní chyby (FP) a falešně negativní chyby (FN). Za ztrátu fixace se považuje změna pohledového směru z bodu fixace, falešně pozitivní chyba je stisknutí tlačítka i v případě, že světelný bod nevidí. Falešně negativní chyba vzniká ve chvíli, kdy pacient nezaregistruje vysvícenou značku o vyšší intenzitě v té stejné pozici, kterou předtím viděl o nižší intenzitě. [14]



Obrázek 22: Heidelberg edge perimetr- výsledkový protokol (Zdroj: <https://www.know-the-eye.com/examinations/visual-field-tests/>)

Výhodou tohoto přístroje je možnost propojení s retinálním tomografem (HRT – Heidelberg Retina Tomograph), který se používá pro měření tloušťky nervových vláken v těsné blízkosti optického disku.

4.5 Goldmannův perimetr

Goldmannův perimetr je pravděpodobně nejznámější kinetický perimetr.

Goldmannův perimetr je tvořený osvětlenou kopulí o průměru 33 cm. Vnitřek má konstantní osvětlení o hodnotě 31,5 asb. Barva pozadí je většinou bílá, ale pro případy použití jiné než standardní bílé perimetrie (například modrozlutá perimetrie), může být použita žlutá barva. [4]



Obrázek 23: Goldmannův perimetr (Zdroj:<http://www.perimetry.org/index.php/the-age-of-standardization-hans-goldmann-1945>)

Během vyšetření se na vnitřní stěnu kopule promítá světelný bod o určité velikosti, intenzitě a barvě (bílá, modrá, žlutá, aj.). Stimul může být promítán buď na různá místa kopule počítačem v případě automatické perimetrie, nebo může stimulem pohybovat obsluha perimetru. Velikosti bodu a intenzita stimulu jsou řazeny postupně.

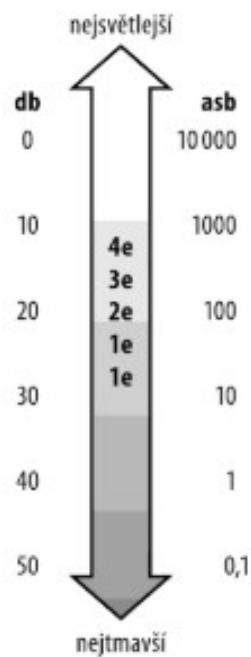
Velikosti jsou označeny číslicemi 0–V a jas je označen sestupně: 4e, při kterém je stimul nejjasnější, dále 3e, 2e a 1e, který je nejtluštější. Pro většinu neurooftalmologických

vyšetření a glaukomovou diagnostiku jsou zavedeny standardní hodnoty osvětlení a jasu (I2e, I3e, I4e, III4e). Nejčastěji se používá stimul o velikosti III. Stimul s velikostí V se používá nejčastěji u pacientů se špatnou zrakovou ostrostí, případně při pokročilém nálezů v ZP.

Velikost stimulu	Plocha stimulu (mm ²)
0	1/16
I	1/4
II	1
III	4
IV	16
V	64

Obrázek 24: Velikost stimulu (Zdroj: Příručka pro sestry v oftalmologii, str. 63)

Pro srovnání hodnot jasu v dB a asb je nutné vědět, že intenzita odpovídající 0 dB je srovnatelná s hodnotou 10 000 asb a tyto oba způsoby zápisu znamenají nejvyšší intenzitu stimulu. [9, 4]



Obrázek 25: Srovnání jasu v jednotkách dB a asb Goldmann III (Zdroj: Příručka pro sestry v oftalmologii, str. 63)

Vyšetření pomocí Goldmannova perimetru se uplatňuje většinou u dětí, protože je možné během vyšetření snáze udržet pozornost. [9]

ZÁVĚR

Tuto práci jsem vytvořila se záměrem porovnání metod a přístrojů, které se používají pro vyšetření zorného pole. V první kapitole jsem popsala části, ze kterých je složena zraková dráha, uvedla jsem parametry rozsahu zorného pole, vytvořila jsem podkapitulu týkající se indikací a kontraindikací perimetrického měření a popsala jsem poruchy zorného pole. Druhá kapitola obsahuje krátké shrnutí vývoje přístrojů vhodných pro perimetrii. Ve třetí kapitole jsem uvedené metody popsala, vysvětlila a uvedla jsem příklady, ve kterých přístrojích se používají. V poslední kapitole jsou přístroje popsány, je vysvětleno, jak fungují, a u perimetru Humphrey Field Analyzer II jsou uvedeny výsledky měření a je popsáno, co která část výsledků v protokolu o měření znamená. Kapitulu 4.2 Humphrey Field Analyzer II jsem doplnila o mé osobní poznatky díky možnosti si vyšetření na tomto přístroji vyzkoušet v roli vyšetřovaného a také jsem viděla ovládání přístroje při vyšetření jiných pacientů.

V tomto odvětví oftalmologických přístrojů budou jistě v budoucnu vyvíjeny stále nové přístroje s důležitými vylepšeními, které usnadní proces měření jak pro pacienta, tak pro vyšetřujícího, což by mělo vést ke větší přesnosti výsledků, odstranění falešně pozitivních chyb, falešně negativních chyb či ztrát fixace pacienta. Nové metody a postupy měření by mohly zkrátit dobu potřebnou pro vyšetření zorného pole pacientů a tím snížit náročnost vyšetření na pacientovu pozornost a potřebu toho, aby bylo pacientovo usazení v konkrétní pozici. Toto zlepšení by mohlo pomoci hlavně starším pacientům, kterým by nepohodlná pozice při vyšetření, kvůli různým nemocem, mohla způsobovat potíže.

Dle mého názoru jsou v práci uvedené vyšetřovací přístroje na velmi vysoké úrovni jak technicky, tak i použitými metodami, proto by se měl další výzkum soustředit na zkrácení vyšetřovací doby.

Další oblast vývoje, která by si zasloužila pozornost, je vyvinutí přístroje, který by umožnil vyšetřit zorné pole u pacientů, u kterých došlo ke ochrnutí celého těla.

Doufám, že tato práce bude prospěšná pro studenty očního lékařství, optometrie a zdravotní sestry, kteří budou s těmito přístroji pracovat.

5 Seznam zkratek

ZP	Zorné pole
m	metr
SWAP	Short-wavelength automated perimetry
FDT	Frequency-doubling technology
MAP	Motion automated perimetry
SITA	Swedish interactive threshold algorithm
HPRP	High-pass resolution perimetry
dB	decibel
asb	Apostilb
nm	nanometr
cd/m ²	candela na metr čtvereční
VPMD	Věkem podmíněná makulární degenerace
GHT	Glaukoma hemifield test
MD	Mean deviation
PSD	Pattern standard deviation
ms	milisekunda
FDF	Flicker defined form
Hz	Hertz
FL	Fixation losses
FP	False positive
FN	False negative
HRT	Heidelberg retina tomograph
HFA II	Humphrey Field Analyzer II
°	stupeň
%	procenta

6 Seznam obrázků

Obrázek 1: Zraková dráha (Zdroj: https://www.researchgate.net/figure/The-main-visual-pathway-The-optic-nerve-is-composed-by-the-axons-of-the-ganglion-cells_fig4_230875327)- upraveno.....	12
Obrázek 2: Vrstvy sítnice (Zdroj: http://www.cnsonline.cz/?p=295).....	13
Obrázek 3: Zorné pole pravého a levého oka (Zdroj: https://entokey.com/visual-fields-2/)- upraveno.....	15
Obrázek 4: Temporální srpky (zdroj: https://ocutech.com/tunnel-vision/)-upraveno	16
Obrázek 5: Kopec vidění: A- centrum zorného pole, B- slepá skvrna, C- nazální hranice ZP, D- temporální hranice ZP, E- horní hranice ZP, F dolní hranice ZP (Zdroj: Perimetrie, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D. str. 13)	17
Obrázek 6: Skotomy (Zdroj: https://www.slideshare.net/RohitRao2/defects-of-visual-pathway)-upraveno	19
Obrázek 7: Chiasma opticum- křížení nervových vláken (zdroj: https://www.quora.com/What-is-optic-chiasma-of-brain)-upraveno	20
Obrázek 8:Tübinger perimetr (Zdroj: http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/perimetryhistory/5-standardization.htm)	22
Obrázek 9: Humphrey Field Analyzer (Zdroj: https://www.optometryweb.com/6411-Visual-Field-Perimetry-Testing-Equipment-Visual-Field-Perimeters/58018-Humphrey-Field-Analyzer-HFA-II-i/).....	22
Obrázek 10: Konfrontační zkouška (Zdroj: http://medcastle.blogspot.com/2011/08/confrontation-test.html).....	24
Obrázek 11: Stimul FDT perimetrie - upraveno (Zdroj: https://visionhelp.wordpress.com/2016/02/11/the-visual-magnocellular-deficit-in-reading-fdt-vp-lenses-and-prisms/)	26
Obrázek 12: Rozdílné intenzity jednotlivých částí testových prstenců (Zdroj: http://www.neuro-o.se/Perimetry/perimetry.html#HRP)	27
Obrázek 13: Příklad měření zorného pole pravého oka pomocí HPRP metody. (Zdroj: https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/fullarticle/411387)	27
Obrázek 14: Motion automated perimetry stimul (Zdroj: Perimetrie, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph. D. str 62)	28
Obrázek 15: Výsledek pupilární kampimetrie u zdravého oka (Zdroj: Perimetrie, MUDr. Karolína Skorkovská, Ph.D. str 64)	30

Obrázek 16: Amslerova mřížka (Zdroj: https://www.rehabilitace.info/nemoci/makularni-degenerace-priznaky-prevence-a-lecba-upraveno/).....	31
Obrázek 17: Části perimetru z pohledu vyšetřujícího (Zdroj: http://www.opthalmicsurplus.com/humphrey_700_series__1.pdf).....	34
Obrázek 18: Části perimetru z pohledu vyšetřovaného (Zdroj: http://www.opthalmicsurplus.com/humphrey_700_series__1.pdf).....	34
Obrázek 19: Graf přerušení fixace oka (Zdroj: http://www.opthalmicsurplus.com/humphrey_700_series__1.pdf).....	36
Obrázek 20: Výsledkový protokol testu Central 30-2 Threshold test (Zdroj: Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně.)	37
Obrázek 21: Perimetr Octopus 900 (Zdroj: https://docplayer.cz/39234764-Navod-k-pouziti-perimetr-octopus-900-eyesuite-perimetry.html).....	38
Obrázek 22: Fixační značky: Bod, kříž, kroužek (Zdroj: https://docplayer.cz/39234764-Navod-k-pouziti-perimetr-octopus-900-eyesuite-perimetry.html).....	39
Obrázek 23: Perimetr Octopus 900 výsledkový protokol (Zdroj: https://www.shopoica.com/haag-streit-octopus-900.html).....	40
Obrázek 24: Heidelberg edge perimetr- výsledkový protokol (Zdroj: https://www.know-the-eye.com/examinations/visual-field-tests/)	42
Obrázek 25: Goldmannův perimetr (Zdroj: http://www.perimetry.org/index.php/the-age-of-standardization-hans-goldmann-1945)	43
Obrázek 26: Velikost stimulu (Zdroj: Příručka pro sestry v oftalmologii, str. 63).....	44
Obrázek 27: Srovnání jasu v jednotkách dB a asb Goldmann III (Zdroj: Příručka pro sestry v oftalmologii, str. 63)	44

7 Bibliografie

Knihy:

1. BESHARSE, Joseph C, Reza DANA, Darlene A DARTT. *Encyclopedia od the eye. Vol 3, M-P*. Amsterdam : Elsevier/Academic Press, 2010. 978-0-12-374201-8.
2. BOWLING, Brad. *Kanski's clinical ophthalmology: a systematic approach*. Eight edition. Sydney: Elsevier, [2016]. ISBN 978-0-7020-5572-0.
3. HORNOVÁ, Jara. *Oční propedeutika*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4087-4.
4. KOLARČÍK, Lukáš, Václav DEDEK a Michal PTÁČEK. *Příručka pro sestry v oftalmologii*. Praha: Grada Publishing, 2016. Sestra. ISBN 978-80-247-5458-1.
5. KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Anatomie a embryologie oka: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví v Brně, 2000. ISBN 80-7013-313-9.
6. KVAPILÍKOVÁ, Květa. *Vyšetřování oka*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1995. ISBN 80-7013-195-0.
7. OLÁH, Zoltán. *Očné lékařstvo: učebnice pre lékařske fakulty*. [1. vyd.]. Martin: Osveta, 1998. Vysokoškolské učebnice. ISBN 80-88824-74-5.
8. ROZSÍVAL, Pavel. *Oční lékařství*. Druhé, přepracované vydání. Praha: Galén, 2017. ISBN 978-80-7492-316-6.
9. SKORKOVSKÁ, Karolína. *Perimetrie*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5282-2.
10. ŠTROFOVÁ, Helena. *Praktická oftalmologie*. Praha: Mladá fronta a. s., 2018. 978-80-204-4888-0.
11. VLKOVÁ, Eva a František VLK. *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. Brno: František Vlk, 2008. ISBN 978-80-239-8906-9.

Elektronické články

12. CELESIA G. Gastone a DeMarco, Paul J. Jr. Anatomy and Physiology of the Visual System. *Journal of Clinical Neurophysiology* [online] New York Raven Press 1994, Vol.11, Issue 5, 482-492 [cit: 2018-11-15]. Dostupné z: https://journals.lww.com/clinicalneurophys/Abstract/1994/09000/Anatomy_and_Physiology_of_the_Visual_System.3.aspx
13. JOHNSON, Chris, A., WALL, Michael a THOMPSON, H. Stanley. A History of Perimetry and Visual Field Testing. *Optometry and Vision Science*. [online] American Academy of Optometry, 2011, 88, 1, 8-15. [cit: 2018-10-05]. Dostupné z:

https://journals.lww.com/optvissci/Fulltext/2011/01000/A_History_of_Perimetry_and_Visual_Field_Testing.5.aspx

14. KACZOROWSKI, Kamil, Mulak, MALGORZATA, Dorota, SZUMNY a Marta, MISIUK-HOJLO. Heidelberg Edge Perimeter: The New Method of Perimetry *Advances in Clinical and Experimental Medicine* [online] Poland, Wroclaw Medical University, 2015, 24, 1105–1112, 2015 [cit. 2018-20-12]. Dostupné z: <http://www.advances.umed.wroc.pl/pdf/2015/24/6/1105.pdf>
15. KOUSHIK, Tripathy, Salini, Joe. Amsler Grid. StatPearls Publishing [online]. StatPearls Publishing 01 2019 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538141/>
16. ROWE, Fiona. Visual Fields via the Visual Pathway [online] Boca Raton, CRC Press, 2015, 2nd edition [cit. 2018-20-12]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=YohUCwAAQBAJ&pg=PR15&lpg=PR15&dq=octopus+900+perimeter&source=bl&ots=Dqo8ot6Svh&sig=TeagbhbX3rLYxUupXDng4-FuRys&hl=cs&sa=X&ved=2ahUKEwjli5ra-crfAhXOhaYKHcn7Ds44FBDoATABegQICRAB#v=onepage&q&f=false>
17. SKORKOVSKÁ, Karolína. Perimetrie - teorie a praxe. [Prezentace] Brno: Klinika nemocí očních a optometrie LF MU, Fakultní nemocnice u sv. Anny, 2017.
18. YAQUB, Moustafa. Visual fields interpretation in glaucoma: a focus on static automated perimetry. *Community Eye Health Journal* [online] Community Eye Health Journal, 2012 vol. 25, 79-80, 1-8 [cit. 2018-12-03] Dostupné z: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3678209/pdf/jceh_25_79-80_001.pdf
19. Zeiss. Humphrey Field Analyzer II: *User's guide*. 700. Jena, Zeiss, 170 s. Dostupné z: http://www.opthalmicsurplus.com/humphrey_700_series__1.pdf
20. Zeiss. Humphrey Field Analyzer III: *Návod k použití*. 800. Jena, Zeiss. 2015, 176 s. Dostupné z: Fakultní nemocnice u sv. Anny v Brně.
21. Haag-Streit Diagnostic. Návod k použití: *Perimetr OCTOPUS 900 Eyesuite Perimetry*, 7. vydání. Switzerland, Haag-Streit Diagnostic, 2016, 20 s. Dostupné z: <https://docplayer.cz/39234764-Navod-k-pouziti-perimetr-octopus-900-eyesuite-perimetry.html>
22. Haag-Streit Diagnostic. Octopus 900: *Flexibility and reliability*. 4 vydání. Switzerland, Haag-Streit Diagnostic, 2017, 16 s. Dostupné z: https://www.cmi.sk/sites/default/files/bro_octopus900_7220444-02040_eng_web_.pdf

Webové stránky:

23. *Imaging and Perimetry Society* [online]. Imaging and Perimetry Society, 2008 [2018-10-24, 21:19]. Dostupné z: <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/PerimetryHistory/1-pre-perimetry.htm>
24. *Neuro-ophthalmology nuggets* [online]. Švédsko: Neuro-ophthalmology nuggets, 2005-2018, [cit: 2019-03-19, 15:11]. Dostupné z: <http://www.neuro-o.se/Perimetry/perimetry.html>
25. *Svět farmacie* [online]. 2017. [2019-03-15, 12:30], Dostupné z: <https://www.svetfarmacie.cz/farmacie/lekarenska-praxe/52-leciva-ovlivnujici-rizeni-motorovych-vozidel>